

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
(Direktor: Prof. Dr. Karl-Friedrich Krey)
im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Karl-Friedrich Krey)
der Universitätsmedizin der Universität Greifswald

**Multiloop Edgewise Archwire Technique (MEAW)
und Denture Frame Analysis:
Ein systematisches Review**

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Zahnmedizin
(Dr. med. dent.)

der

Universitätsmedizin

der

Universität Greifswald

2022

vorgelegt von: Maria Tabancis
geb. am: 05.02.1992
in: Dortmund

Dekan:

Prof. Dr. med. Karlhans Endlich

1. Gutachter:

Prof. Dr. Gholamreza Danesh

2. Gutachter:

Prof. Dr. Karl-Friedrich Krey

Ort, Raum:

Walther-Rathenau-Str. 42a, 17489 Greifswald,
Hörsaal des ZZMK

Tag der Disputation:

Freitag, den 26.05.2023

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
1.1 Allgemeine Einleitung	1
1.2 Multiloop Edgewise Archwire Technique	1
1.3 Denture Frame Analysis	6
2 Zielsetzung.....	8
3 Material und Methoden.....	9
4 Ergebnisse	10
4.1 Datenerhebung	10
4.2 Allgemeine therapeutische Effekte	11
4.3 Resultate der Denture Frame Analysis	12
4.4 Vorteile der Multiloop Edgewise Archwire Technique	17
4.5 Nachteile der Multiloop Edgewise Archwire Technique	18
4.6 Grenzen der Multiloop Edgewise Archwire Technique.....	18
5 Diskussion	20
6 Schlussfolgerung	21
7 Zusammenfassung	22
8 Fallbeispiele	23
9 Literaturverzeichnis	31
10 Anhang	36
10.1 Publikation	36
10.2 Danksagung	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Illustration eines MEAW-Bogens. [6]	3
Abbildung 2: Manuell gefertigter MEAW-Bogen (Quelle: eigene Herstellung).	3
Abbildung 3: Schematische Darstellung des SMOM-Bogens und des MOAW-Bogens. [47]	4
Abbildung 4: Schematische Darstellung der GEAW-Biegungen. [16]	5
Abbildung 5: Darstellung der MEAW-Apparatur und der GEAW-Apparatur. [1]	5
Abbildung 6: Darstellung der kephalometrischen Bezugsebenen der Denture Frame Analysis (DFA). [54].....	6
Abbildung 7: Darstellung des Flussdiagramms der Originalpublikation. [53]	11
Abbildung 8: Eine vergleichende Synopse des vertikalen Überbisses vor und nach der MEAW-Behandlung. [53]	16
Abbildung 9: Eine vergleichende Synopse der therapeutischen Veränderungen des sagittalen Überbisses infolge der MEAW-Behandlung. [53]	16
Abbildung 10: Intraoraler Befund der Initialsituation.	24
Abbildung 11: Initialbefund: Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm.	24
Abbildung 12: Intraoraler Befund nach der initialen Nivellierung und Ausformung der Zahnbögen.	25
Abbildung 13: Intraoraler Befund unter Einwirkung der MEAW-Bögen in Kombination mit intermaxillären Gummizügen.	26
Abbildung 14: Intraoraler Befund des Behandlungsergebnisses.	26
Abbildung 15: Prä- und posttherapeutische Diagnostikmodelle.	27
Abbildung 16: Endbefund: Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm.	27
Abbildung 17: Initialbefund: Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm.	28
Abbildung 18: Intraoraler Befund der Initialsituation.	28

Abbildung 19: Intraoraler Befund nach der initialen Nivellierung und Ausformung der Zahnbögen.	29
Abbildung 20: Zwischenbefund: Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm. ...	29
Abbildung 21: Intraoraler Befund unter Einwirkung der MEAW-Bögen in Kombination mit intermaxillären Gummizügen.	30
Abbildung 22: Intraoraler Befund des Behandlungsergebnisses.	30

Abkürzungsverzeichnis

APDI	Anteroposterior Dysplasia Index
CF	Combination Factor
DFA	Denture Frame Analyse
MEAW	Multiloop Edgewise Archwire
MOAW	Modified Offset Archwire
NiTi	Nickel-Titan
ODI	Overbite Depth Indicator
SMOM	Sectional Modified Offset Archwire
TMA	Titan-Molybdän-Alloy

Diese Arbeit widme ich meiner Familie,
die immer an mich glaubt.

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einleitung

Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit dient der systematischen Ermittlung und Untersuchung der aktuellen Fachliteratur zu den Themen Multiloop Edgewise Archwire Technique (MEAW) und Denture Frame Analysis (DFA). Die Behandlungstechnik MEAW sowie die kephalometrische Analysemethode DFA sind im Behandlungskonzept verknüpft und haben ihren Ursprung im asiatischen Raum. Während diese dort in der Kieferorthopädie weit verbreitet sind, finden sie im europäischen Raum bis dato nur vereinzelt Anwendung.

Der erste Teil dieser Dissertation widmet sich der terminologischen Klärung und verschafft einen Überblick über den wissenschaftlichen Hintergrund von MEAW und DFA. Anschließend wird die Durchführung sowie Auswertung des vorliegenden systematischen Reviews näher beschrieben. Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse werden abschließend durch die Präsentation zweier Patientenfälle illustriert.

1.2 Multiloop Edgewise Archwire Technique

1.2.1 Wissenschaftlicher Hintergrund

Seit den 1980iger Jahren wurde von Prof. Young H. Kim aus Korea (Seoul National University) erstmalig eine besondere Behandlungsphilosophie beschrieben. Ausgangspunkt sind anthropologische Betrachtungen zur Vertikalisierung des Gesichtsschädels und Verkleinerung des Schädelbasiswinkels im Zuge der Entwicklung des aufrechten Ganges [23]. In diesem Zusammenhang kommt es zu Veränderungen der Inklination der Okklusionsebene. Diese finden sich analog in der individuellen menschlichen Entwicklung wieder [23,24]. Sato aus Japan (Kanagawa Dental University) verbreitete die MEAW-Methode weiter, welche in der Literatur oft auch als Sato-Technik bezeichnet wird. Kim und Sato vertreten die These, dass die anteroposteriore Unterkieferposition in unmittelbarem Zusammenhang mit der vertikalen Position und Neigung der posterioren Okklusionsebene steht und so bestimmten

Kategorien von Malokklusionen zugeordnet werden können [2,7,19,23,25,43,51,54,59]. In Kombination mit der Adaptationsfähigkeit des Kiefergelenks wird postuliert, durch eine gezielte Änderung der Inklination der Okklusionsebene verschiedene Malokklusionen dental kompensieren zu können [49,56]. Hauptaufgabe ist demnach die Rekonstruktion der Okklusionsebene innerhalb des individuellen dentoskelettalen Rahmens jedes Patienten.

MEAW stellt eine kompensatorische orthodontische Therapie skelettaler Anomalien bei Kindern und Erwachsenen dar. Es handelt sich demnach um eine minimalinvasive kieferorthopädische Therapie, die Maßnahmen der orthognathen Chirurgie in vielen Fällen vermeiden kann und sich auch als Alternative zur Extraktionstherapie anbietet [57].

Das MEAW-Konzept ist besonders bei Patientenfällen mit einer Klasse-II beziehungsweise Klasse-III-Problematik indiziert wie auch bei einem dental oder skelettal offenem Biss und bei einer mandibulären lateralen Deviation.

1.2.2 Konstruktion der MEAW-Apparatur

Nicht nur die Herstellung der MEAW-Apparatur erweist sich als besonders aufwendig, auch ihre Aktivierung fordert ein erhöhtes Maß an Präzision. Trotz dieser Komplexität bietet die MEAW-Apparatur dem Behandler eine maximale Flexibilität in der therapeutischen Einflussnahme auf gezielte Areale des Zahnbogens. Die MEAW-Apparatur wird aus einem 0.016x0.022-inch Blue Elgiloy (Kobalt-Chrom-Nickel-Molybdän Legierung, Rocky Mountain Orthodontics Inc., Denver, Colorado, USA) Drahtmaterial in idealer Bogenform hergestellt und vorzugsweise für eine individuelle Drehmomentkontrolle mit einem 0.018-inch Slot kombiniert (Abb.1,2). Da fünf sogenannte L-Loops je Quadrant gebogen werden müssen, wird ein Bogen mit einer Länge von ca. 14-Zoll beziehungsweise 35,56cm verwendet [9,14,17,57].

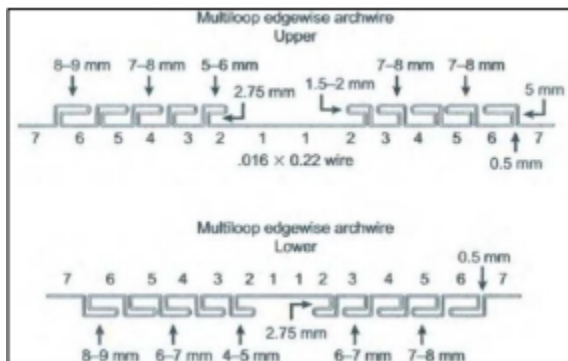


Abbildung 1: Illustration eines MEAW-Bogens. [6]

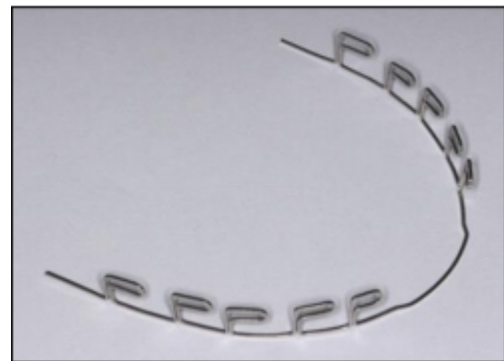


Abbildung 2: Manuell gefertigter MEAW-Bogen (Quelle: eigene Herstellung).

1.2.3 Behandlungskonzept

Bei der Durchführung der MEAW-Behandlung werden unabhängig von der Kategorie der vorliegenden Malokklusion bestimmte Behandlungsschritte befolgt. So stellt die frühzeitige Beseitigung des posterioren Engstandes eine maßgebliche Voraussetzung für den Behandlungserfolg dar. So sind beispielsweise Molarenextraktionen vor Beginn der kieferorthopädischen Behandlung vorzunehmen. Dies begründen Kim und Sato damit, dass es durch einen posterioren Engstand und die Mesialklippung eines Molaren zur Supraeruption des benachbarten Molaren und somit zum sogenannten „Squeeze-Out“-Effekt kommen kann [5]. Dies äußert sich dann in Form von okklusalen Interferenzen, welche wiederum die anteroposteriore Position des Unterkiefers beeinflussen [48].

Zu Beginn der kieferorthopädischen Therapie stellen das Derotieren der Zähne, die Nivellierung und Ausformung der Zahnbögen den ersten Behandlungsschritt dar. Durch gezielte Aktivierungen der Bogensegmente können dann okklusale Interferenzen beseitigt werden. Im folgenden Schritt wird das Einstellen einer physiologischen Unterkieferposition angestrebt. Anschließend steht die Rekonstruktion der Okklusionsebene durch eine Kombination von Gummizügen und Aktivierungen der Segmente im Vordergrund [57]. Als finaler Schritt erfolgt die Einstellung einer physiologischen Verzahnung [13].

Die Rekonstruktion der gesamten Okklusionsebene erfolgt durch die Beeinflussung der Angulation der Seitenzähne. Zur Aktivierung werden variabel ausgeprägte Tip-Back-Biegungen ($3-5^\circ$) umgesetzt [9,14,27].

Bekanntlich steht einer Kraft - potenzielle Energie durch Aktivierung des Bogens - stets eine Gegenkraft gegenüber (3. Newtonsches Gesetz). Diesem Prinzip zufolge müssen unerwünschte Gegenwirkungen neutralisiert werden. Dies kombiniert mit der gezielten Anordnung einzelner Zähne in allen Raumdimensionen erfolgt mithilfe einer intermaxillären Verankerung mit Gummizügen. Diese werden je nach Therapiezweck unterschiedlich an der Multibracketapparatur angebracht. Die gängigsten Variationen umfassen die vertikalen, die kurze Klasse-II oder Klasse-III, die dreieckigen, die boxenförmigen und die hakenförmigen Gummizüge [27].

1.2.4 Modifikationen von Multiloop Edgewise Archwire

Im Zuge der Weiterentwicklung der MEAW-Technik wurden Modifikationen entworfen, welche bei konkreten Behandlungsaufgaben indiziert sind. Zu den zwei bekanntesten Modifikationen zählen folgende: Modified Offset Archwire (MOAW) und Sectional Modified Offset MEAW (SMOM) (Abb.3). Die erste Variation trägt zur vertikalen Kontrolle der Molarenposition sowie zur Korrektur ihrer Achsenneigung bei und stellt oft den ersten Schritt bei Patienten mit hyperdivergenter Klasse III, offenem Biss oder posteriorem Engstand dar. Bei SMOM steht die anteroposteriore Einstellung der Frontzähne wie beispielsweise im Falle eines Deckbisses im Mittelpunkt [47].

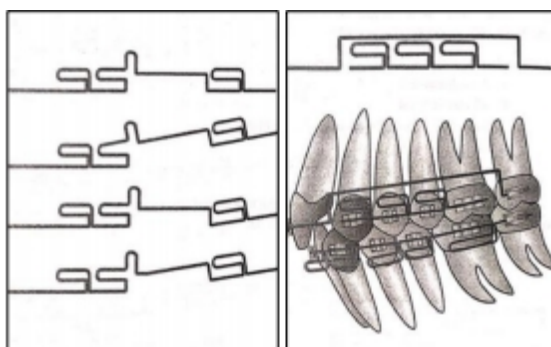


Abbildung 3: Schematische Darstellung des SMOM-Bogens und des MOAW-Bogens. [47]

Im Jahre 2010 wurde ein weiteres Konzept namens GUMMETAL Edgewise Archwire System (GEAW) vorgestellt [1]. Dabei wird das Bogenmaterial Gummetal® (J. MORITA Europe GmbH, Dietzenbach) verwendet. Bei diesem Material handelt es sich um eine Beta-Titanlegierung auf Titan-Niobium-Basis. Die Titanlegierung vereint Superelastizität und Superplastizität. Zudem weist sie eine gute Formbarkeit, geringe Steifheit, geringe Friktion, große Rückfederung und Biokompatibilität vor [1].

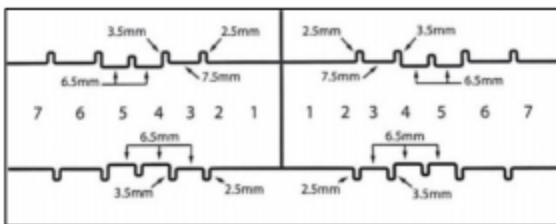


Abbildung 4: Schematische Darstellung der GEAW-Biegungen. [16]

Diese Technik findet bei einem 0.018-inch Slotsystem sowie einer Drahtdimension von 0.016x0.022-inch Anwendung. Die Drahtlänge sollte bei 14-Zoll beziehungsweise 35.56 cm liegen. Die GEAW-Technik basiert auf demselben kieferorthopädischen Konzept wie das der MEAW-Technik, wobei ein wesentlicher Unterschied in der fehlenden Notwendigkeit für horizontale Loops liegt (Abb.4). Auch hierbei werden variable Tip-Back-Biegungen zwischen 3° und 5° in den GEAW-Bogen eingebogen. Mithilfe der speziell entwickelten GEAW-Zange werden Bull-Loops in das Bogenmaterial eingebogen [16]. MEAW und GEAW besitzen vergleichbare Funktion- und Wirkungsweise und unterscheiden sich im Wesentlichen durch die unterschiedliche Form ihrer Loops (Abb.5).

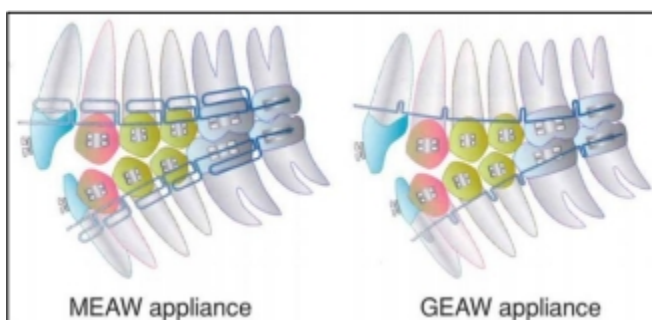


Abbildung 5: Darstellung der MEAW-Apparatur und der GEAW-Apparatur. [1]

1.3 Denture Frame Analysis

Ausgangspunkt von MEAW als Behandlungsmethode ist die Analyse der skelettalen Situation mit der Denture Frame Analysis (DFA) [10]. Diese etablierte sich um das Jahr 1987 und beruht auf Korrelationen von Fernröntgenseitbildparametern mit Overbite und Overjet. Der wesentliche Unterschied zwischen den derzeit weit verbreiteten Straight-Wire-Systemen und der MEAW-Technik liegt darin, dass sich die Straight-Wire-Systeme auf Durchschnittswerte stützen, während MEAW mithilfe der DFA eine individualisierte Behandlungsplanung erlaubt. So wird die Rekonstruktion der Okklusion innerhalb des individuellen „Denture Frame“ angestrebt [10]. Diese Neuordnung der Okklusion wird biomechanisch durch die Multiloop Edgewise Archwire Apparatur realisiert, welche es dem Behandler erlaubt, Einzelzahnbewegungen gezielt in allen Raumdimensionen zu beeinflussen. Der „Denture Frame“ mit seiner charakteristisch dreieckigen Form setzt sich aus den beiden Kieferebenen und der AB-Ebene zusammen [10,11]. Dabei definiert Kim die harmonische Relation zwischen der Okklusionsebene und den beiden Kiefern als Optimum [26]. Im Mittelpunkt der DFA steht die Bestimmung vertikaler und horizontaler Wachstumsmuster mit Bezugnahme auf die Okklusionsebene [10].

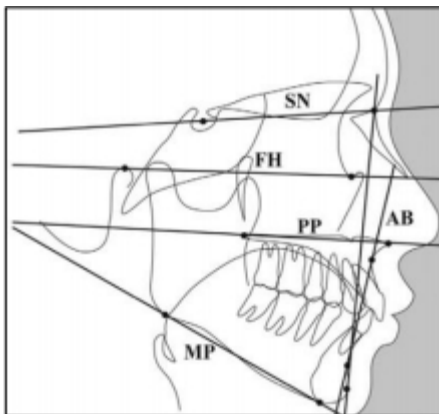


Abbildung 6: Darstellung der kephalometrischen Bezugsebenen der Denture Frame Analysis (DFA). [54]

Die Denture Frame Analysis umfasst im Wesentlichen drei Kernmessungen: Overbite Depth Indicator (ODI), Anteroposterior Dysplasia Index (APDI) und Combination Factor (CF) (Abb. 6). ODI dient zur Beurteilung des vertikalen Wachstumsmusters, so dass zwischen einem offenem und einem tiefen Biss differenziert werden kann. Da-

bei wird die Neigung der beiden Kieferbasen beurteilt und in der horizontalen Ebene in Beziehung zueinander gesetzt [8,18,26,28]. Der physiologische Normwert beträgt 72° . Ist dieser verkleinert, so handelt es sich um einen offenen Biss. Ist der Messwert jedoch vergrößert, liegt ein Tiefbiss vor. APDI gibt Aufschluss über die sagittale Kieferbasenrelation. Der arithmetische Summenwinkel APDI setzt sich aus folgenden Parametern zusammen: Frankfurter Horizontalebene zur Gesichtsebene, AB-Ebene zur Gesichtsebene und Frankfurter Horizontalebene zur palatinalen Ebene [7,10,18,20,30,52,52]. Der Normwert für die sagittale Kieferbasenrelation beträgt 81° . Darüber hinaus bildet die Summe von ODI und APDI den CF, welcher auf die Notwendigkeit von Extraktionen hinweist. Hierbei liegt der Normwert des Winkels bei 153° . Ein verkleinerter Messwert deutet auf eine Extraktionstherapie hin.

2 Zielsetzung

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die bereits publizierte Studie mit dem Titel „Multiloop edgewise archwire and denture frame analysis: a systematic review“ [53]. Nach einer detaillierten Ausarbeitung der Untersuchungsergebnisse der genannten Publikation soll der Fokus auf die praktische Anwendung dieser wissenschaftlichen Erkenntnisse gelegt werden. Daher ist es weiterführendes Ziel dieser Arbeit, die in der Literatur beschriebene charakteristische Behandlungseffizienz von MEAW bei besonders komplexen Zahn- und Kieferfehlstellungen anhand von zwei klinischen Fallbeispielen zu demonstrieren.

3 Material und Methoden

Im Zuge des systematischen Reviews wurde eine umfangreiche elektronische Literaturrecherche auf den Datenbanken PubMed, Google Scholar, Web of Science und Cochrane Central Register of Controlled Trials durchgeführt. Die Suche erfolgte zwischen Mitte März und Mitte April 2020 und konzentrierte sich auf Publikationen zu den Themen Multiloop Edgewise Archwire Technique und Denture Frame Analysis. Da keine adäquaten MeSH-Begriffe vorhanden waren, sind folgende Einzelbegriffe in die Recherche eingeflossen: „MEAW“, „multiloop“, „multi-loop“, „Sato technique“, „edgewise“, „denture frame“, „Kim analysis cephalometrics“, „MOAW“, „modified offset archwire“, „SMOM“, „sectional modified offset archwire“. Eine zusätzliche manuelle Suche wurde durchgeführt, um die Vollständigkeit der Suche zu gewährleisten.

Um die Suche gezielt einzugrenzen, wurden Einschluss- und Ausschlusskriterien aufgestellt. In der vorliegenden Arbeit wurden Open-Access-Publikationen sowie Literaturarbeiten berücksichtigt, die in Fachzeitschriften veröffentlicht wurden, auf welche die Universität Greifswald durch Nutzungslizenzen Zugriff hat. Publikationen in englischer, deutscher, französischer, italienischer, portugiesischer, spanischer und griechischer Sprache wurden in die vorliegende Arbeit einbezogen.

Da sich die Recherche ausschließlich auf die Wirkungsweise von MEAW konzentrieren sollte, wurden Studienmodelle mit ergänzend verwendeten skelettalen Verankerungsmaßnahmen von dieser Untersuchung ausgeschlossen. Die Literatur wurde gemäß der geschilderten Eignungskriterien gesichtet und bewertet. Die PRISMA-Richtlinien (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) dienten als Maßstab für die Erstellung des Reviews [41]. Um die Objektivität der Studie zu steigern, wurde die Datenerhebung von zwei Untersuchern (Karl-Friedrich Krey, Maria Tabancis) unabhängig voneinander durchgeführt.

Die gesammelten Informationen umfassten die Studienorte, die Probandenanzahl, die Geschlechterverteilung sowie nachfolgend aufgeführte Aspekte der MEAW-Behandlung: Therapeutische Wirkungsweise, Denture Frame Analysis, allgemeine kephalometrische Veränderungen, Vorteile, Nachteile sowie Grenzen der MEAW-Behandlung.

4 Ergebnisse

4.1 Datenerhebung

Im Zuge der Literaturrecherche wurden alle ermittelten Abstracts in Hinblick auf ihre themenspezifische Kompatibilität mit der Forschungsfrage untersucht. Ergänzend wurde die in den Referenzen genannte Literatur nach weiteren geeigneten Publikationen durchsucht.

Insgesamt prüften wir 677 Studien hinsichtlich ihrer Eignung. 543 Artikel wurden aufgrund ihrer Inkongruenz ausgeschlossen. Schließlich wurden die Volltexte der übrigen 134 Artikel auf ihre qualitative Zusammensetzung und Übereinstimmung hin untersucht. Nach gründlicher Auswertung wurden drei Studien ermittelt, die dieselben kephalometrischen Messwerte untersuchten [12,13,17]. Die systematische Studien-selektion wurde anhand eines Flussdiagramms dargestellt (Abb.7). Der Evidenzgrad jeder Studie wurde nach den Einstufungskriterien gemäß Oxford Centre of Evidence-Based Medicine bewertet [21]. Demnach wurden eine randomisierte kontrollierte Studie, zwei nicht-randomisierte klinische Studien, zwei Fall-Kontroll-Studien, zwölf Vergleichsstudien, 17 deskriptive Studien, 67 Fallberichte, sieben Literaturübersichtsartikel, Handout-Material aus acht wissenschaftlichen Vorträgen, zwei Expertenmeinungen und 16 Artikel mit Hintergrundinformationen identifiziert. Das Evidenzniveau der ermittelten Publikationen erwies sich als niedrig.

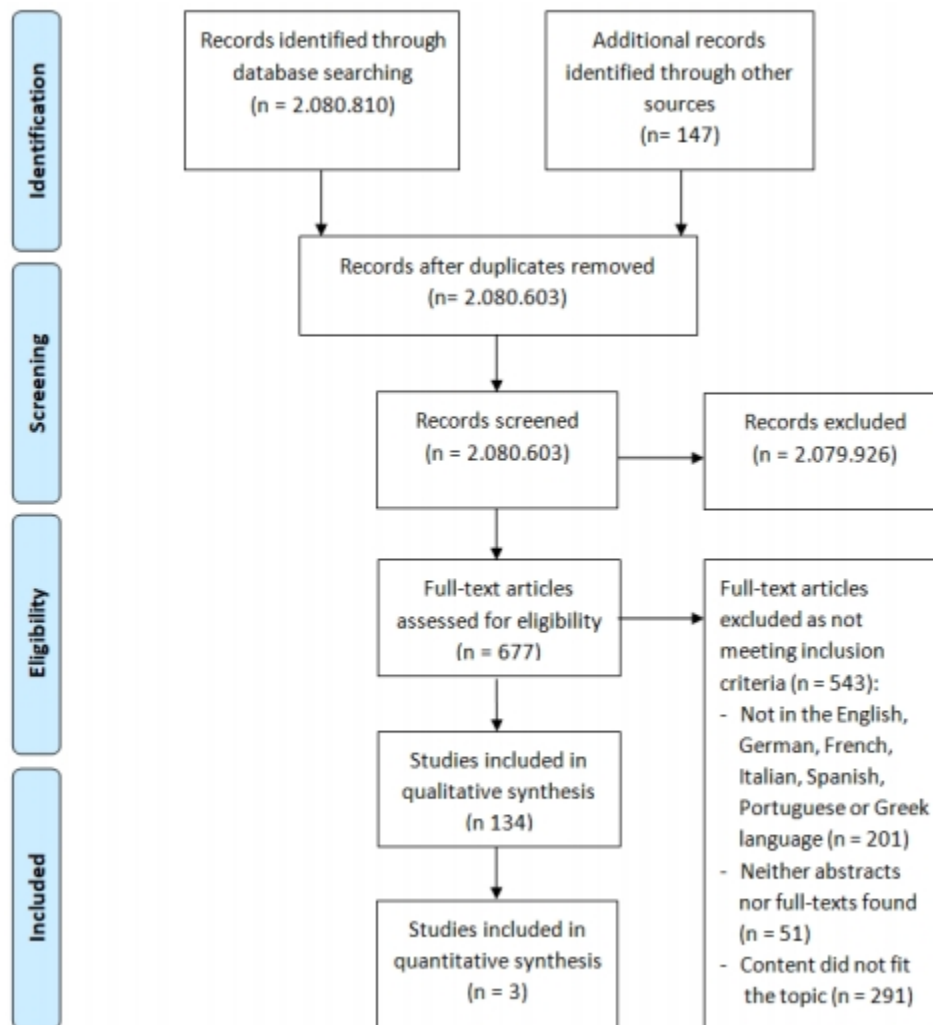


Abbildung 7: Darstellung des Flussdiagramms der Originalpublikation. [53]

4.2 Allgemeine therapeutische Effekte

In der MEAW-Philosophie beschreibt die Kontrolle der vertikalen Dimension der Okklusionsebene den zentralen Gedanken, wobei therapeutisch induzierte Veränderungen hauptsächlich in der dentoalveolären Region und kaum skelettale Effekte beobachtet wurden [3,7,35,46]. Die aktivierte MEAW-Apparatur setzt mesiodistale Kippbewegungen der Einzelzähne um, wobei die gleichmäßige und kontrollierte Kräfteverteilung auf die Zähne charakteristisch ist [2,14]. Dies steht der Wirkungsweise des herkömmlichen Straight-Wire-Konzepts konträr gegenüber. Durch die Aufrichtung der Seitenzähne nach distal wird Platz geschaffen [15,17,37]. Im Vergleich zu den Seitenzähnen sind die labiolingualen Kippbewegungen im

Frontzahnbereich bei MEAW größer, aber dennoch geringfügiger als bei einem Draht mit Idealbogenform [14].

Die parallel zu den Tipback-Biegungen verwendeten Gummizüge wirken den intensiven Kräften auf die Frontzähne durch eine extensive Kraftabgabe entgegen. Dies resultiert in einer lingualen Kronenkipfung und einer körperlichen Zahnbewegung der Frontzähne [14,15]. Des Weiteren erweisen sich die erhöhte Elastizität, die sanften und kontinuierlich wirkenden Kräfte sowie die verbesserte Kontrolle der Einzelzahnbewegung als vorteilhafte Eigenschaften der Loops der MEAW-Apparatur.

Je nach Malokklusion wird die Okklusionsebene mittels Aktivierungen der MEAW-Apparatur neu angeordnet. So wird bei Klasse-II-Fällen eine Extrusion der oberen Prämolaren und Molaren vorgenommen, um die Okklusionsebene abzuflachen und dadurch die Vorwärtsbewegung des Unterkiefers zu ermöglichen [4]. Umgekehrt werden im Falle einer Klasse III die oberen Molaren sowie die unteren Molaren und Prämolaren extrudiert, um eine steilere Okklusionsebene einzustellen und die Dorsalbewegung des Unterkiefers zu realisieren [10,17,49].

Die Untersuchungen zeigten, dass sich MEAW in der Behandlung von komplexen Malokklusionen wie offene Bisse als besonders geeignet erweist. Endo et al. [17] berichteten, dass dies durch die Extrusion und Aufrichtung der hinteren Zähne erreicht wird, sodass eine Aufwärts- und Vorwärtsrotation des Unterkiefers eingeleitet wird. Auch bei Notwendigkeit einer En-Masse-Retraktion der Unterkieferzähne bei Klasse-III-Patienten wurden deutliche Erfolge vermerkt [14]. In einer Vergleichsstudie zeigten Yoshimura et al. [59] deutliche Unterschiede hinsichtlich der Wirkungsweise der MEAW-Technik und diese der Idealbogen-Mechanik unter Verwendung von vertikalen Gummizügen. Die MEAW-Apparatur richtete Molaren, Prämolaren und Eckzähne auf und rotierte diese nachweislich nach distal, während die Idealbogen-Mechanik therapeutisch lediglich Einfluss auf die Stellung der zweiten Molaren hatte.

4.3 Resultate der Denture Frame Analysis

Bezüglich der therapeutischen Wirkungsweise der MEAW-Apparatur, die mittels kephalometrischer Aufnahmen zu Behandlungsanfang und -ende festgehalten wurde, und welche die DFA reproduzierten, ließen sich in der wissenschaftlichen

Literatur nur einige wenige Publikationen identifizieren [2,7,13,17,29,35,36,39]. Gravierenderen Unterschiede wurden hauptsächlich im dentoalveolären Bereich, jedoch kaum bis gar nicht im skelettalen Bereich festgestellt [13,35]. Die Studienergebnisse von Chang und Moon [13] verzeichneten lediglich einen Anstieg des ODI. Dies ist auf Veränderungen der AB-Ebene und der Unterkieferposition zurückzuführen. Die erfolgreiche Distalbewegung der gesamten Dentition wurde anhand der signifikanten Veränderungen der Lagebeziehung zwischen den oberen und unteren zweiten Molaren und der Fissura pterygomaxillaris ersichtlich. Mithilfe der MEAW-Apparatur wurden die Aufrichtung der Seitenzähne in distaler Richtung sowie die Intrusion und Extrusion dieser erzielt. Darüber hinaus stellten die Autoren fest, dass die distale Kippbewegung der Ober- und Unterkieferprämolaren mit MEAW signifikanter war als jene Kippung der Molaren. Indem der resultierende Platzgewinn für die Frontzahnre-traktion ausgenutzt wird, kann dies zudem zur Verbesserung des Overjets beitragen [2]. Darüber hinaus weisen die kephalometrischen Veränderungen des OP-MP-Winkels auf die erfolgreiche Neuausrichtung der Okklusionsebene hin. Dies wird durch die Kontrolle der vertikalen Dimension mit MEAW erreicht und definiert das Hauptziel der MEAW-Philosophie [7,13]. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Erkenntnissen von Liu et al., die keine signifikanten Veränderungen der Okklusionsebene beobachten konnten [39].

Endo et al. [17] bestätigen die Ergebnisse von Chang und Moon: Die dentoalveolären Messungen zeigten eine erfolgreiche Zunahme des Überbisses und auch des Interinzisalwinkels. Dies deutet auf eine Extrusion und Retroinklination der oberen und unteren Frontzähne hin. Zudem kommt es zu weichteilbezogenen Veränderungen, bei denen die Unterlippe im Zuge der Bewegung der Frontzähne ebenfalls retrahiert wird. Auch hier wurde die durch MEAW induzierte Aufrichtung und Retrusion der Ober- und Unterkieferseitenzähne nachgewiesen. Zusätzlich wurden die zweiten permanenten Oberkiefermolaren deutlich extrudiert, was die Abflachung der distalen Okklusionsebene bewirkte. Die erfolgreiche Seitenzahnaufrichtung wurde in weiteren Studien beschrieben [29,35].

Im Zuge der Korrektur des offenen Bisses zeigten sich skelettale Veränderungen der Lageposition von B-Punkt und Pogonion entlang der Y-Achse. Eine Vergrößerung der Ramusneigung um $1,4^\circ$ und der veränderte RL-SN-Winkel stellten die einzigen

weiteren skelettalen Auswirkungen dar [17]. Die Kaudal- und Ventralrotation des Unterkiefers stellte nicht das Ergebnis von Wachstumsänderungen dar, sondern die Folge der Neuausrichtung der Neigung der Okklusionsebene. Diese Einschätzungen decken sich mit den Ergebnissen zweier weiterer Studien von Koncz et al. und von Kim et al., wobei jedoch keine signifikanten skelettalen Veränderungen determiniert wurden [29,35]. Diese Feststellung spiegelt sich auch in den Untersuchungen von Krey und Dannhauer [36] wider und weist auf die Neuordnung des Gebisses mithilfe der MEAW-Apparatur im vorgegebenen Rahmen hin.

Eine einheitliche Schlussfolgerung konnte anhand der vorliegenden Untersuchungen hinsichtlich der durch MEAW induzierten Veränderungen in der vertikalen Ebene nicht gezogen werden. Während Kim et al. [29] eine deutliche Zunahme der anterioren und posterioren unteren Gesichtshöhe sowie der gesamten vorderen Gesichtshöhe nachwiesen, stellten Endo et al. [17] lediglich Veränderungen in der gesamten hinteren Gesichtshöhe fest. Diesen beiden Studien steht die Aussage von Krey und Dannhauer [36] konträr gegenüber, denn diese beobachteten keinerlei vertikale Abweichungen.

Im Zuge der vorliegenden Literaturrecherche wurden drei Studien identifiziert [13,17,29], die die gleichen kephalometrischen Werte evaluierten. Kim et al. betonten die gravierende Bedeutung der interinzisalen Beziehung bei der Gewährleistung stabiler Behandlungsergebnisse. Daher konzentrierte sich die Analyse des Reviews auf die behandlungsbedingten Veränderungen von Overbite und Overjet zu Beginn und zum Ende der aktiven MEAW-Behandlung (Abb.8, Abb.9).

Die Studie von Kim et al. untersuchte 29 eurasische jugendliche Probanden (21 weiblich, 8 männlich) und 26 eurasische erwachsene Probanden (21 weiblich, 5 männlich), bei denen ein anterior offener Biss vorhanden war [29]. Zu Beginn der Behandlung betrug das Durchschnittsalter der Jugendlichen 13 Jahre 5 Monate (Altersspanne 10–16 Jahre), während sich jenes der erwachsenen Teilnehmer auf 26 Jahre 1 Monat (Altersspanne 17–37 Jahre) belief. Die Untersuchungsergebnisse spiegeln die Effizienz der MEAW-Therapie wider. Dies zeigte sich sowohl in Hinsicht auf die Korrektur des offenen Bisses als auch auf die Einstellung einer physiologischen sagittalen Stufe. Eine deutliche Verbesserung von Overjet und Overbite wurde

bei den jüngeren Teilnehmern vernommen. Diese betrug für der Overjet durchschnittlich 3,06 mm und für den Overbite 3,31 mm. Bei den Erwachsenen war eine Verbesserung des Overjets um 1,16 mm und des vertikalen Überbisses um 3,55 mm zu vermerken.

Endo et al. setzten die MEAW-Technik bei 21 japanischen Probanden für die Korrektur von anterior offenen Bissen ein [17]. Das Durchschnittsalter der ausschließlich weiblichen Probanden betrug zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns 16 Jahre und 9 Monate. Die finalen kephalometrischen Vermessungen nach dem Ende der Behandlung zeigten eine Verbesserung des vertikalen Überbisses von durchschnittlich 0,8 mm und des Overjets von 1,6 mm.

In der Studie von Chang und Moon [12] wurden 16 südkoreanische Patienten mit einem anfänglich anterior offenen Biss vor und nach der MEAW-Therapie untersucht und mit 58 unbehandelten Kontrollprobanden verglichen. Das Durchschnittsalter der 12 weiblichen und 4 männlichen Patienten betrug zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns 18 Jahre und einen Monat. Eine deutliche Verbesserung des prätherapeutisch negativen Überbisses von 5,54 mm wurde nach erfolgter MEAW-Behandlung ersichtlich, sodass eine durchschnittliche Verbesserung um 0,62 mm zu vernehmen war.

Die Ergebnisse dieser drei Studien weisen darauf hin, dass die MEAW-Apparatur einen direkten therapeutischen Einfluss auf den Überbiss und die sagittale Stufe hat. Die Aufrichtung der mesial geneigten Seitenzähne bietet sich dabei als Mittel an, um den für die sagittalen und vertikalen Korrekturen erforderlichen Platz zu schaffen. Demnach entsprechen 15° Molarenaufrichtung denselben Betrag an Platzgewinn, den man durch 4,5 mm Distalisation erhält [32]. Die Mehrzahl der Autoren schlussfolgerte, dass die MEAW-Technik hauptsächlich dentale Bewegungen umsetzt, während die skelettalen Strukturen weitgehend unverändert bleiben. Diese Ergebnisse unterstreichen den Gedanken, dass sich die MEAW-Apparatur eher als ein Behandlungsinstrument für ein kieferorthopädisches Camouflage-Konzept eignet.

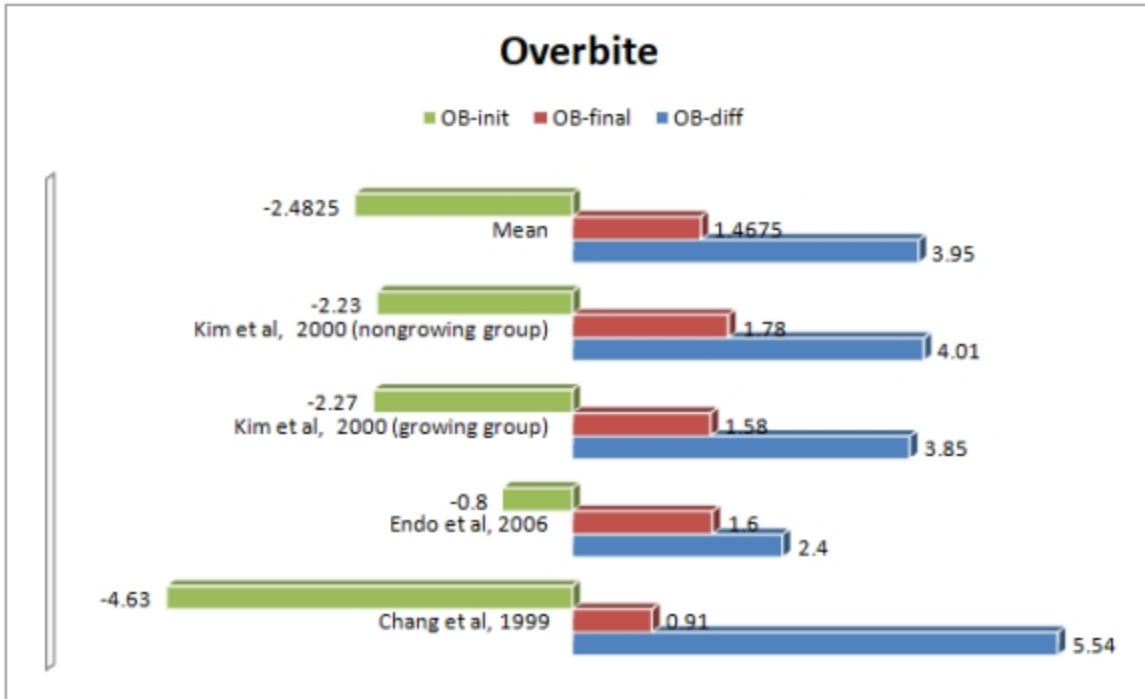


Abbildung 8: Eine vergleichende Synopse des vertikalen Überbisses vor und nach der MEAW-Behandlung. [53]

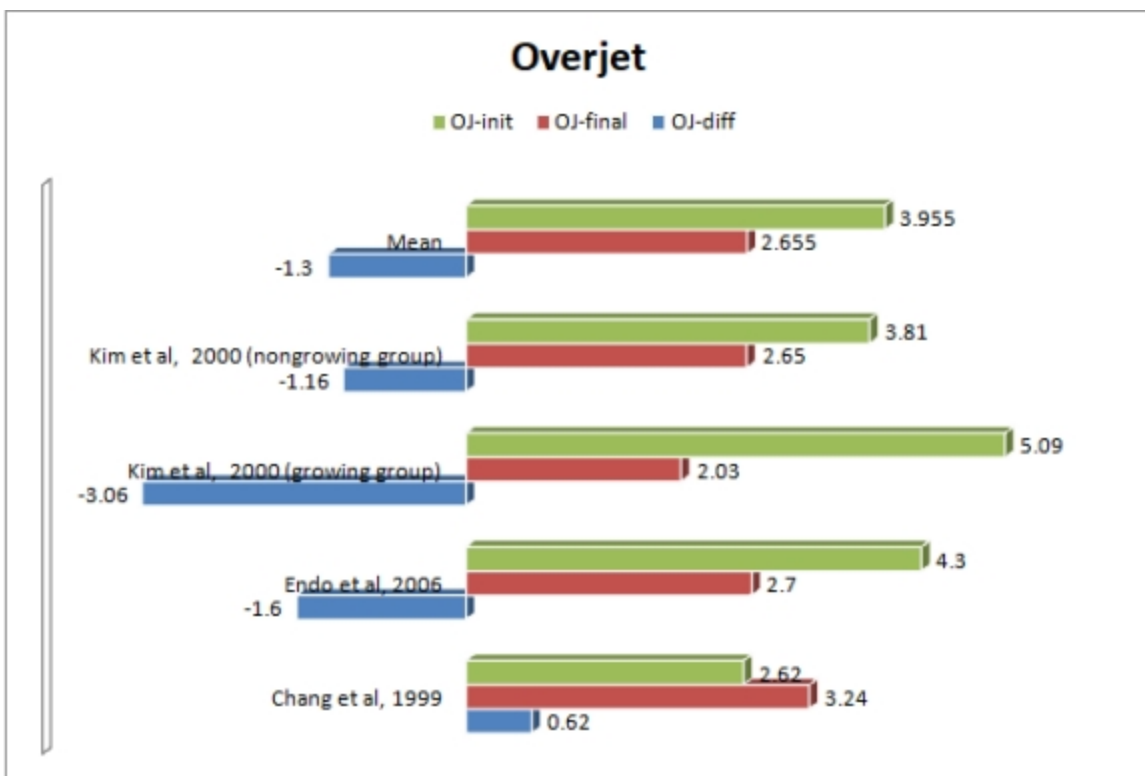


Abbildung 9: Eine vergleichende Synopse der therapeutischen Veränderungen des sagittalen Überbisses infolge der MEAW-Behandlung. [53]

4.4 Vorteile der Multiloop Edgewise Archewire Technique

Als charakteristischer Vorteil der MEAW-Methode wird in mehreren Studien die konstante Abgabe von schonenden und gleichmäßigen Kräften auf den gesamten Zahnbogen benannt [2,14,15]. Ein höheres Maß an Flexibilität resultiert aus der maximierten Drahtlänge und der Einarbeitung von Loop-Biegungen. Durch die L-Loops der MEAW-Apparatur wird die Spannungs-Dehnungs-Rate im Vergleich zu einem Draht mit Idealbogenform auf 1/10 reduziert, was die Basis für biologisch vorteilhafte Zahnbewegungen schafft [5,9,15,31,38,58,59]. Im anterioren Bereich wird eine höhere Spannungs-Dehnungs-Rate als im hinteren Bereich gemessen. Dies ist auf die von anterior nach posterior zunehmende Drahtlänge der horizontalen L-Loops zurückzuführen [14,31]. Die durchschnittliche Länge des Drahtes vom distalen Ende des lateralen Schneidezahnbrackets bis zum zweiten Molarenröhrchen beträgt 43 mm bei einem flachen NiTi-Draht und 120 mm bei dem MEAW-Draht (45). Die Loops fungieren als Spannungsbrecher und üben so sanfte und kontinuierliche Kräfte aus, welche für physiologische kieferorthopädische Zahnbewegungen optimal sind [4,31,58]. Durch Aktivierungen der einzelnen Drahtsegmente können gezielte Zahnbewegungen in alle Richtungen des Raumes umgesetzt werden [14,25,27,35,59]. Im Vergleich zu anderen Materialien ist die Spannungs-Dehnungs-Rate des MEAW steifer als die eines Titan-Molybdän-Alloy (TMA) und doppelt so steif wie diese eines Nickel-Titan-Drahtes (NiTi). Aufgrund seiner speziellen Konstruktion variiert die Spannungs-Dehnungs-Rate jedoch abhängig vom gemessenen Segment und bietet somit einzigartige mechanische Eigenschaften [31,38]. Gemessen in der Interbracket-Region haben die Loops des MEAW eine niedrigere Spannungs-Dehnungs-Rate als TMA- und NiTi-Drähte, was Kims Schätzung entspricht [15,38]. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die horizontale Komponente der L-Schlaufen die vertikale elastische Durchbiegung beeinflusst und somit die Steifigkeit verringert.

Die Möglichkeit zur dentalen En-Masse-Bewegung ist ein wesentlicher Vorteil der MEAW-Therapie und erweist sich insbesondere bei Klasse-III-Fällen bei der Distalbewegung der mandibulären Dentition als hilfreich [22,58]. Diesbezüglich wurde beim MEAW nur eine minimale vertikale Verschiebung der Seitenzähne während der Massenretraktion festgestellt, was die Tatsache unterstreicht, dass Nebenwirkungen wie

extrusive vertikale Zahnverschiebung der Frontzähne minimiert werden und somit ein höheres Maß an Stabilität erreicht wird. Dies gestaltet die kieferorthopädische Zahn- bewegung vorhersehbarer. Diese Ergebnisse stimmen mit den Studienergebnissen von Chang et al. [14] überein.

Nach eingehender diagnostischer Analyse kann die Aufrichtung von mesial gekipp- ten Seitenzähnen für ein zusätzliches Platzangebot sorgen, sodass Prämolarenex- traktionen vermieden werden können [17]. Darüber hinaus stellt MEAW eine effekti- ve, minimalinvasive Alternative zur Behandlung schwerer Fehlstellungen dar, welche sonst nur durch Maßnahmen der orthognathen Chirurgie zu therapieren wären [36,45,57]. Zudem wird die Verkürzung der Gesamtbehandlungsdauer durch die si- multane und gezielte Bewegung aller Zahnbogenareale begünstigen [7,9,13,33,59]. Insgesamt gab es positives Feedback bezüglich weniger Zahnschmerzen und einem angenehmeren Gefühl [59].

4.5 Nachteile der Multiloop Edgewise Archwire Technique

Grundlegende Beschwerden seitens der Patienten wurden in den untersuchten Publikationen nicht vermerkt. Allerdings ist davon auszugehen, dass sich die Durchführung der erforderlichen hygienischen Maßnahmen aufgrund der Vielzahl an Loops als komplizierter und zeitaufwändiger erweist [2,15].

Wie bei den meisten kieferorthopädischen Behandlungsapparaturen hängt der Behandlungserfolg unmittelbar mit der Mitarbeit des Patienten zusammen. Das strikte Einhalten der Trageprotokolle der intermaxillären Gummizüge ist dringend erforderlich. Bei unzureichendem Tragen der Gummizüge würde beispielsweise eine Intrusion der Front als unerwünschter Nebeneffekt der Tipback-Biegung verursacht werden [35].

4.6 Grenzen der Multiloop Edgewise Archwire Technique

Obwohl die aktuell verfügbare Literatur über die Effekte der MEAW-Technik keinen hohen Evidenzgrad vorweist, kristallisierten sich dennoch einige limitierende Fakto- ren heraus. Die tatsächlich erzielten Therapieeffekte beschränkten sich auf den den-

toalveolären Bereich, während keine oder nur geringfügige skelettale Veränderungen aufzutreten scheinen [7,13,17,29,35,40,46]. Diese Beobachtungen unterstreichen die Überlegung, dass MEAW lediglich einen „Camouflage-Effekt“ hervorrufen kann, welcher mit den natürlichen dentoalveolären Kompensationsprozesse zu vergleichen ist [13].

Die MEAW-Technik selbst wird nicht als Risikofaktor identifiziert. Es ist jedoch beobachtet worden, dass die Kombination der MEAW-Apparatur mit vertikalen Gummizügen sich bei einer längeren Anwendung in Kombination mit Gummizügen das Risiko für Wurzelresorptionen erhöht. Bei einer Anwendungsdauer von mehr als sechs Monaten ist die Inzidenz von Wurzelresorptionen am stärksten [42], wobei „Langzeit-Jiggling“ besonders Wurzelresorptionen an den Frontzähnen verschlimmern kann. Diese Hypothese muss gründlicher untersucht werden.

Auch die posttherapeutische Stabilität kennzeichnet einen signifikanten Aspekt. Nur eine geringe Zahl an Studien konnte bezüglich der Thematik der Langzeitstabilität ausfindig gemacht werden. Erfolgreiche und stabile Ergebnisse werden in der Literatur lediglich in Bezug auf offene Bissituationen eindeutig beschrieben [13,17,29,34]. Rochester et al. beobachteten die meisten Rezidive unmittelbar nach Abschluss der aktiven MEAW-Behandlung. Diese blieben jedoch nach zwei Jahren weitestgehend stabil [46].

5 Diskussion

Die MEAW-Technik besitzt gewisse mechanische Eigenschaften, die die Korrektur verschiedener Malokklusionen deutlich erleichtert. Es bietet die Möglichkeit der kontrollierten Zahnbewegung durch Anwendung sanfter und gleichmäßig ausgeübter Kräfte. Komplexe Fälle geringen bis mittleren Schweregrades können mit dieser Methode effektiv behandelt werden [17,29,46,50]. Auch Beeinflussungen im sich entwickelnden Gebiss bei Kindern werden beschrieben. Hierzu ist allerdings die verfügbare Datengrundlage in der Literatur nur lückenhaft.

Obwohl die technologische Evolution in der heutigen Zeit weitestgehend alle Bereiche dominiert, stellt die MEAW-Apparatur mit dem Grundgedanken der Biegetechnik eine ökonomisch durchaus interessante Modalität dar, die die Notwendigkeit einer aufwendigen computergestützten Planung und die Verwendung von Zusatzelementen beseitigt.

Dennoch zeigen die aktuell verfügbaren Untersuchungen nur minimalen Einfluss auf die skelettalen Strukturen. Chang et al. haben beobachtet, dass die kephalometrischen Werte der MEAW-Patienten denen der Kontrollgruppe sehr nahe kommen, was darauf hindeutet, dass die durch die MEAW-Apparatur induzierten Veränderungen mit dem natürlichen dentoalveolären Kompensationsmechanismus vergleichbar sind [13]. Die Divergenz der Studienergebnisse unterstreicht die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen. Um eindeutige Aussagen treffen zu können, erfordert es an repräsentativen Probandenzahlen und einem hohen wissenschaftlichen Evidenzgrad.

Durch ihre dentoalveoläre kompensatorische Wirkungsweise bietet sich MEAW somit als minimalinvasive Alternative zur orthognathen Chirurgie an [2,3,5,7,29,51]. Darüber hinaus können mithilfe von MEAW Prämolarenextraktionen vermieden werden, indem mesial inklinierte Seitenzähne zur Platzgewinnung aufgerichtet werden. Stark ausgeprägte skelettale Diskrepanzen können jedoch nicht beseitigt werden. Insbesondere wenn Patienten Veränderungen des Erscheinungsbildes, wie beispielsweise eines fliehenden Kinns, wünschen, so ist eher eine kombinierte kieferorthopädisch-kieferchirurgische Therapie indiziert. Hinsichtlich dieser Thematik besteht weiterer Forschungsbedarf.

6 Schlussfolgerung

Die MEAW-Technik bietet diverse therapeutische Vorteile und dient bei verschiedenen Kategorien von Malokklusionen als kompensatorische Behandlungsmethode. Von besonderem Vorteil ist diese Therapiemethode in Fällen, in denen Maßnahmen der orthognathen Chirurgie oder Extraktionen nicht gewünscht werden.

Ein limitierender Faktor in Hinsicht auf die Aussagekraft der vorhandenen Fachliteratur ist die Tatsache, dass MEAW nicht weit über den asiatischen Raum hinaus verwendet wird. Auch die DFA basiert auf kephalometrischen Messungen der asiatischen Bevölkerung, welche spezifische Merkmale hinsichtlich des Schädelaufbaus und der Gebissverhältnisse aufweist. Aus diesem Grunde bedarf es zusätzlicher wissenschaftlicher Untersuchungen, um die Übertragbarkeit der DFA auf Volksgruppen anderer ethnischer Abstammungen weiterführend zu erforschen. In diesem Zuge wäre es sinnvoll, in zukünftigen Forschungsarbeiten den Fokus auf die Herausarbeitung der Unterschiede zwischen verschiedenen Ethnien auszubauen.

Angesichts der lückenhaften Datenlage in der vorhandenen Fachliteratur und der schwachen wissenschaftlichen Evidenz sind ergänzende Studien erforderlich, um Aspekte wie die möglichen Auswirkungen auf das Parodont näher zu untersuchen. Auch die Langzeitstabilität ist gegenwärtig ein vieldiskutiertes und strittiges Thema, welches näherer Erforschung bedarf.

7 Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, alle verfügbaren Publikationen aus der Fachliteratur zu den Themen Multiloop Edgewise Archwire Technique und der Denture Frame Analysis systematisch zu ermitteln und diese anschließend hinsichtlich der therapeutischen Effekte, allgemeinen kephalometrischen Veränderungen, Vor- und Nachteile sowie Grenzen von MEAW zu untersuchen.

Eine elektronische Literaturrecherche wurde unter Verwendung von vier medizinischen Datenbanken (PubMed, Google Scholar, Web of Science und Cochrane Central Register of Controlled Trials) durchgeführt und durch eine zusätzliche Handrecherche ergänzt. Die Ergebnisse wurden nach den PRISMA-Richtlinien geprüft und bewertet.

Im Zuge der Literaturrecherche wurden von den anfänglich 677 themenbezogenen Publikationen 134 Artikel als geeignet identifiziert. Schlussendlich wurden drei zueinander äquivalente Studien bei der qualitativen Analyse herausgefiltert. Diese konnten in eine vergleichende Gegenüberstellung einbezogen werden. Die Resultate dieser Untersuchung heben die Vorteile der MEAW-Technik deutlich hervor. Zu diesen zählen die genaue Kontrolle über dreidimensionale Einzelzahnbewegungen und die geringen und zugleich kontinuierlichen Kräfte, welche zu überwiegend dentoalveolären Veränderungen führen. Die skelettalen Strukturen wurden gar nicht oder nur geringfügig beeinflusst.

Die durch die MEAW-Therapie hervorgerufene dentoalveoläre Kompensation führt zu medizinisch akzeptablen Ergebnissen und stellt somit eine Alternative zur orthognathen Chirurgie dar. Hinsichtlich der unzureichenden Datengrundlage der derzeit verfügbaren Literatur sind weitere Studien dringend notwendig, um die Kenntnisse auf diesem Fachgebiet zu erweitern. Aspekte wie die Langzeitstabilität oder die detaillierte Wirkungsweise sollten anhand anatomischer und physiologischer Prinzipien genauer erforscht werden. Darüber hinaus bezieht sich die DFA hauptsächlich auf die asiatische Bevölkerung, daher wäre es sinnvoll, die Übertragbarkeit der DFA auf andere ethnische Gruppe zu überprüfen. Die erarbeiteten Erkenntnisse wurden anhand zweier klinischer Fallbeispiele veranschaulicht.

8 Fallbeispiele

Die MEAW-Technik ist für die erfolgreiche Behandlung von offenen Bisssituationen bekannt. Der skelettal bedingte anterior offene Biss zählt zu den am schwierigsten behandelbaren Zahn- und Kieferfehlstellungen in der Kieferorthopädie. Bei Erwachsenen ist ein skelettal bedingter offener Biss zumeist nur mit einer chirurgischen Neupositionierung der beiden Kiefer oder alternativ Extraktionen zu therapieren. In solchen Fällen bietet die MEAW-Technik die minimalinvasivere Behandlungsoption. Obwohl die internationale Literatur die Extrusion der Frontzähne als geeignete Behandlungsmethode für den Bissschluss nennt, berichten Reitan und Rygh von der Instabilität dieser Bewegung. Die Intrusion von Seitenzähnen wird als prognostisch stabilere Variante postuliert [55].

Die Ätiologie eines offenen Bisses ist multifaktoriell bedingt und wird im Wesentlichen durch skelettale, dentale und funktionelle Parameter gekennzeichnet. Die am häufigsten auftretenden Ursachen für offene Bisssituationen sind erbliche Faktoren, myofunktionelle Dysfunktionen, Habits wie das Fingerlutschen sowie ein ungünstiges Wachstumsmuster [44].

Anhand fotografischer und radiologischer Unterlagen werden nachfolgend zwei klinische Beispielfälle aus der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universitätsmedizin Greifswald zur näheren Veranschaulichung der praktischen Anwendung der zuvor ausführlich geschilderten MEAW-Behandlungstechnik bei offenen Bissen dargestellt. Zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung erklärten beide Patientinnen ihr persönliches Einverständnis zur bildlichen Darstellung und Veröffentlichung ihrer Behandlungsfälle.

Fallbeispiel 1:

Die erwachsene Patientin wurde mit einem anterior offenen Biss vorstellig (Abb.10). Zudem war im Oberkiefer eine deutliche transversale Enge zu diagnostizieren, die mit dem beidseitigen lateralen Kreuzbiss einherging. Die progene Verzahnung zwischen den oberen seitlichen Schneidezähnen und den unteren seitlichen Schneidezähnen und Eckzähnen war ebenfalls bilateral vorhanden, während sich die oberen

mittleren Schneidezähne in einem Kopfbissverhältnis zur Unterkieferfront befanden. Die Oberkieferfrontzähne wiesen einen deutlichen Engstand mit palatinal gelegenen lateralen Schneidezähnen auf. Die Unterkieferfrontzähne standen kompensatorisch retrusiv. Die posteriore Okklusionsebene erschien zudem deutlich abgeflacht.



Abbildung 10: Intraoraler Befund der Initialsituation.

In beiden Kiefern waren alle permanenten Zähne inklusive der Weisheitszähne angelegt, wobei die Weisheitszähne im Unterkiefer in der Zahnreihe eingestellt waren, während sie im Oberkiefer aufgrund des Platzmangels retiniert und mesial gekippt erschienen.

Die prätherapeutische Fernröntgenseitenaufnahme zeigte eine deutliche mesiale Kieferbasenrelation in der sagittalen Ebene, welche sich auch klinisch widerspiegelte (Abb.11). In der vertikalen Dimension deutete die Divergenz der beiden Kieferebenen auf einen ausgeprägten skelettal offenen Biss. Charakteristisch für den anterior offenen Biss und das lange Gesicht war die vergrößerte untere Gesichtshöhe.

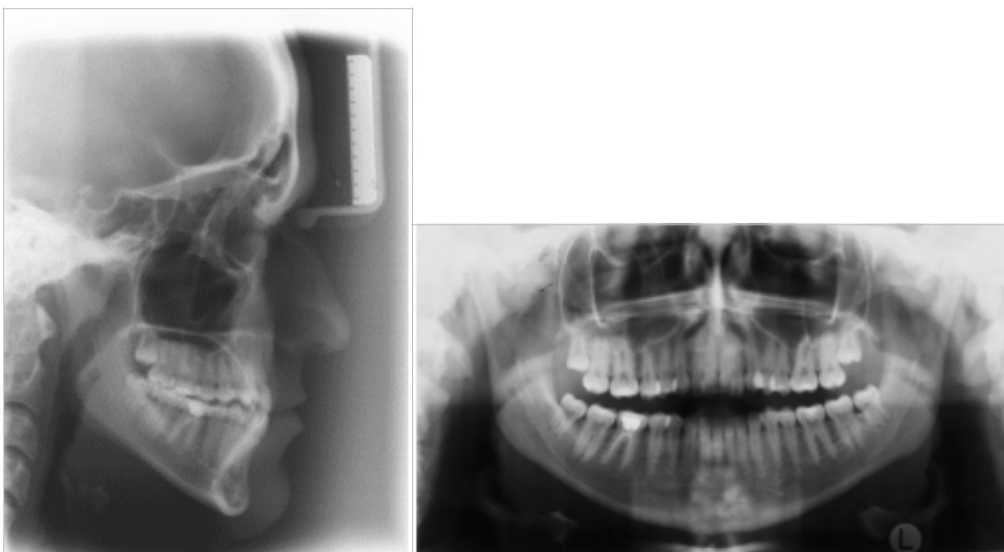


Abbildung 11: Initialbefund: Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm.

Die Behandlungsaufgaben gliederten sich wie nachfolgend aufgeführt:

1. Nivellierung und Beseitigung von Einzelzahnrotationen
2. Distalbewegung und Intrusion der Molaren von Ober- und Unterkiefer zur Rekonstruktion der Okklusionsebene
3. Nivellierung des Oberkiefers
4. Einstellung einer physiologischen Position von Kondylus und Unterkiefer
5. Feineinstellung der Okklusion
6. Retention

Die MEAW-Philosophie nennt die Beseitigung des „Squeeze-Out“-Effekt, welcher durch einen posterioren Engstand bedingt ist, als grundlegende Voraussetzung für den langfristigen Behandlungserfolg [46]. Somit stellte die Extraktion der oberen retinierten Weisheitszähne die erste Maßnahme vor dem Einsatz der MEAW-Apparatur dar, um die anschließende Aufrichtung der Seitenzähne zu erleichtern. Die initiale Behandlungsaufgabe bestand in der Beseitigung der Engstände und der Rotationen von Einzelzähnen innerhalb der Zahnbögen (Abb.12). Auch die Nivellierung und anfängliche Ausformung des Zahnbogens waren Gegenstand der ersten Behandlungsphase.



Abbildung 12: Intraoraler Befund nach der initialen Nivellierung und Ausformung der Zahnbögen.

Sobald die Nivellierung und Ausformung der Zahnbögen erfolgt war, konnten die manuell gefertigten MEAW-Stahlbögen der Dimension 0.016x0.022-inch in beiden Kiefern eingesetzt werden (Abb. 13). Die sequenzielle und gezielte Aktivierung konkreter Segmente der MEAW-Bögen ermöglichte die individuelle Aufrichtung von Einzelzähnen. So wurden die Molaren und Prämolaren nach distal aufgerichtet und die Okklusionsebene nivelliert. Unterstützend wurde die MEAW-Apparatur mit intermaxillären Gummizügen kombiniert. Um den „Squeeze-Out“-Effekt nicht zu intensivieren, wurden lediglich kurze Klasse-III-Gummizüge verwendet. Diese dienten einer-

seits der Korrektur der der Bisslage sowie der Einstellung der Mittellinien auf Kongruenz. Wichtige Aufgabe der Gummizüge bestand zudem in der Kontrolle der vertikalen Dimension und der Vermeidung unerwünschter Nebeneffekte der aktivierten MEAW-Bögen wie beispielsweise der Intrusion der Frontzahnsegmente.



Abbildung 13: Intraoraler Befund unter Einwirkung der MEAW-Bögen in Kombination mit intermaxillären Gummizügen.

Am Ende der Behandlung lag eine gesicherte bilaterale Verzahnung mit funktionell suffizienten Okklusionskontakten vor (Abb. 14). Eine totale Mittellinienkongruenz konnte nicht eingestellt werden, jedoch verbesserte sich die Mittenabweichung im deutlichen Maße. Es konnten zudem ein physiologischer Overjet und Overbite erzielt werden.



Abbildung 14: Intraoraler Befund des Behandlungsergebnisses.

Die Ausgangssituation der hyperdivergenten skelettalen Klasse III stellt einen Risikofaktor für eine Rezidiverscheinung dar, daher ist der Einsatz von adäquaten Retentionsmaßnahmen von besonderer Relevanz. In diesem Fall kamen festsitzende herausnehmbare Retentionsapparaturen zum Einsatz. Festsitzende Retainer waren von der Patientin nicht gewünscht (Abb. 15).

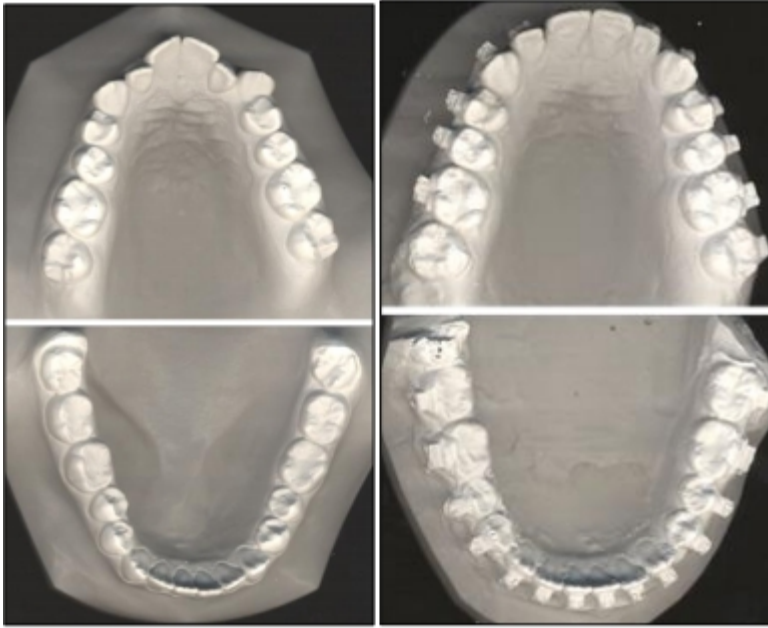


Abbildung 15: Prä- und posttherapeutische Diagnostikmodelle.

In der radiologischen Darstellung nach Behandlungsabschluss wurde die Neuordnung der anfänglich flachen posterioren Okklusionsebene ersichtlich (Abb. 16). Dies wurde durch die Intrusion und Aufrichtung der mesial inklinierten Molaren erreicht. Durch die Einstellung einer steileren posterioren Okklusionsebene kam es zu der simultanen counterclockwise Rotation der Mandibula.

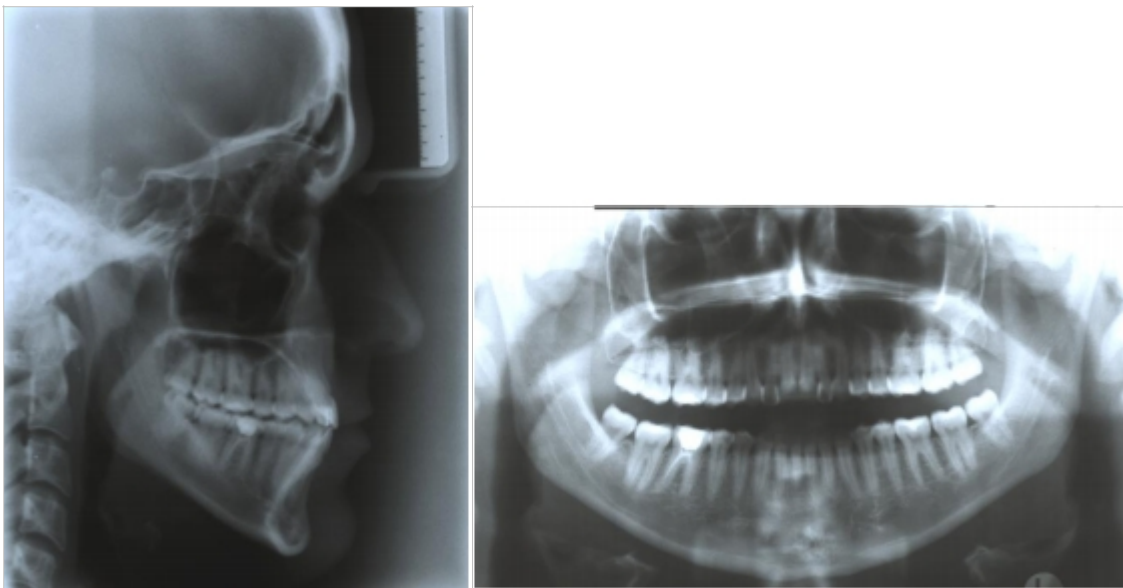


Abbildung 16: Endbefund: Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm.

Fallbeispiel 2:

Bei dem zweiten Fallbeispiel handelt es sich um eine hyperdivergente skelettale Klasse II (Abb.17). Alle bleibenden Zähne waren vorhanden, wobei die Weisheitszähne bereits extrahiert worden waren. Die Frontzähne beider Kiefer wiesen eine deutlich protrusive Stellung auf.

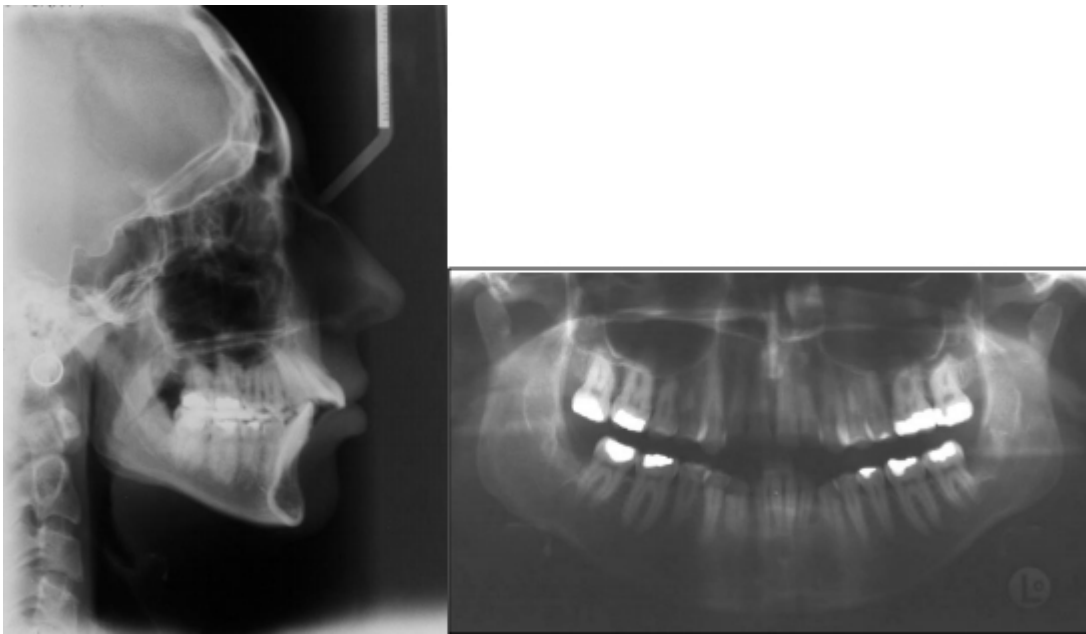


Abbildung 17: Initialbefund: Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm.

Die Patientin wurde mit einem anterior offenen Biss vorstellig (Abb.18). Die sagittale Frontzahnstufe war zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung deutlich vergrößert. Es lag eine dorsokraniel steile posteriore Okklusionsebene vor, während die Palatinalenebene im anterioren Bereich als sehr flach einzustufen war.



Abbildung 18: Intraoraler Befund der Initialsituation.

Die Stadien der kieferorthopädischen Behandlung gliederten sich folgendermaßen:

1. Nivellierung und Beseitigung der Einzelzahnrotationen
2. Distalbewegung und Intrusion der Molaren von Ober- und Unterkiefer zur Rekonstruktion der Okklusionsebene
3. Nivellieren des Oberkiefers
4. Einstellung einer physiologischen Position von Kondylus und Unterkiefer
5. Feineinstellung der Okklusion
6. Retention

In der initialen Nivellierungsphase wurden die Zahnbögen ausgeformt und vertikale Abweichungen ausgeglichen (Abb.19,20).



Abbildung 19: Intraoraler Befund nach der initialen Nivellierung und Ausformung der Zahnbögen.

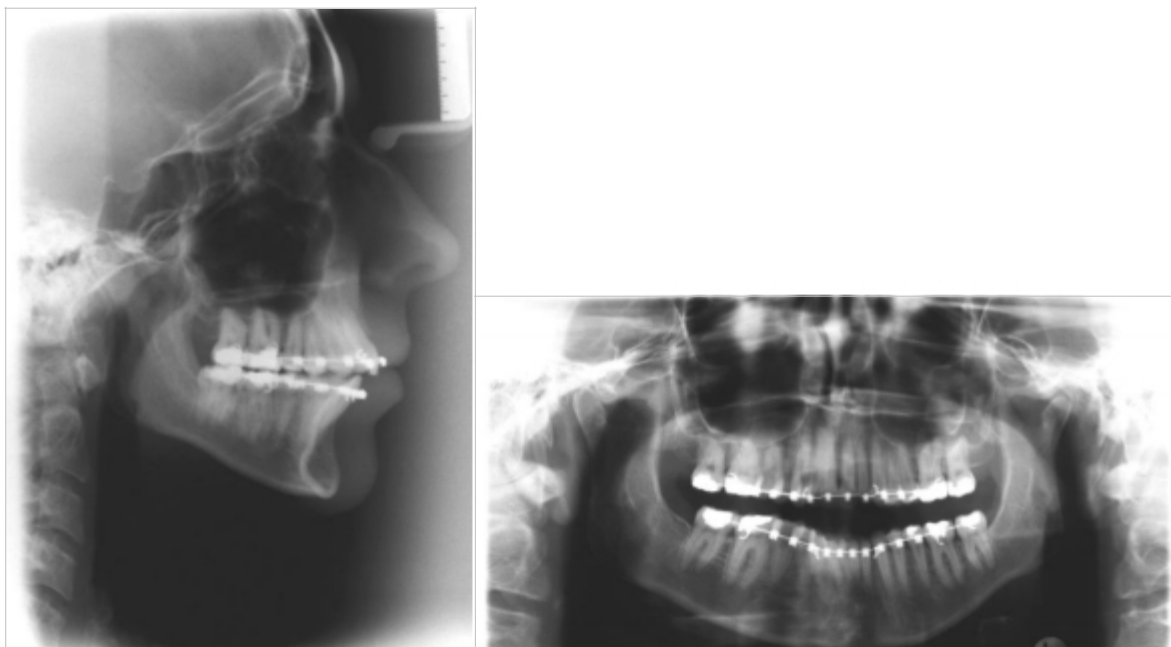


Abbildung 20: Zwischenbefund: Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm.

Nach der erfolgreichen Nivellierung und Ausformung des maxillären und mandibulären Zahnbogens kam die MEAW-Apparatur zum Einsatz. Auch hier wurde die in Fallbeispiel 1 genannte Stahlkonstruktion der Dimension 0.016x0.022-inch verwendet. (Abb. 21). Die systematischen aufeinanderfolgenden Aktivierungen der Bogenareale erzielten die Aufrichtung der Seitenzähne nach distal und die Rekonstruktion der Okklusionsebene. Die kurzen Klasse-II-Gummizüge wirkten einerseits den intrusiven Kräften auf die Frontzähne entgegen und bezweckten andererseits die Bisslagekorrektur.



Abbildung 21: Intraoraler Befund unter Einwirkung der MEAW-Bögen in Kombination mit intermaxillären Gummizügen.

Nach erfolgter Behandlung mit der MEAW-Technik wurde eine deutliche Verbesserung des frontal offenen Bisses ersichtlich (Abb.22). Es wurden harmonischere Okklusionskontakte in beiden Seitenzahnbereichen geschaffen. Eine gewisse Seitenungleichheit und Mittellinienabweichung waren am Ende der Behandlung weiterhin vorhanden. Die Abschlussuntersuchungen zeigten, dass eine Abflachung der zu Beginn zu steilen posteriore Okklusionsebene sowie eine Korrektur der Unterkieferposition erzielt wurden.



Abbildung 22: Intraoraler Befund des Behandlungsergebnisses.

9 Literaturverzeichnis

1. Akiyoshi Shirasu SS: Scientific Report Reconstructing a functional occlusion Orthodontic Treatment of Malocclusion (Using the GEAW System). Research Institute of Occlusion Mediane, Kanagawa Dental University 2020
2. Baek S-H, Shin S-J, Ahn S-J, Chang Y-I: Initial effect of multiloop edgewise archwire on the mandibular dentition in Class III malocclusion subjects. A three-dimensional finite element study. *Eur J Orthod* 2008; 30: 10–15.
3. Beane RA: Nonsurgical management of the anterior open bite: a review of the options. *Semin Orthod* 1999; 5: 275-283
4. Beltrao P: Treatment of Class II Deep Overbite with Multiloop Edgewise Arch-Wire (MEAW) Therapy. In: Naretto S (Hrsg): *Principles in Contemporary Orthodontics*. InTech 2011
5. Beltrão P: Class III High Angle Malocclusion Treated with Orthodontic Camouflage (MEAW Therapy). In: Bourzgui F (Hrsg): *Issues in Contemporary Orthodontics*. InTech 2015
6. Beltrão PAdS: Treatment of Class II Malocclusion (Hypodivergent Face) with MEAW Therapy. In: Manakil JF (Hrsg): *Insights into Various Aspects of Oral Health*. InTech 2017
7. Bernal ÁAG, Pantoja DLC, Ramírez DMC, Lemus JAP, Ríos SMM, González-: Cambios esqueléticos, dentales y faciales de la maloclusión clase III esquelética tratada con la filosofía de MEAW (Multiloop Edgewise Arch Wire): descriptivo retrospectivo. *Acta Odontol Colomb*. 2013; 3(2): 65–78.
8. Bock JJ, Fuhrmann RAW: Evaluation of vertical parameters in cephalometry. *J Orofac Orthop* 2007; 68: 210–22.
9. Calvopiña Carranco DF: Uso del multiloop en alambre tma 0,016 y acero 0,016 en la corrección de las rupturas de contacto en la zona anterior en pacientes tratados en la clínica de ortodoncia de la escuela de postgrado “Dr. José Apolo Pineda” de la Facultad Piloto de Odontología Universidad de Guayaquil período 2012-2015: Editorial de Ciencias Odontológicas Universidad de Guayaquil; 2017.
10. Celar AG, Freudenthaler JW, Celar RM, Jonke E, Schneider B: The Denture Frame Analysis: an additional diagnostic tool. *Eur J Orthod* 1998; 20: 579–87.
11. Celar AG, Freudenthaler JW, Schneider B: Cephalometric differentiation between vertical and horizontal malocclusions in 122 Europeans using the Denture Frame Analysis and standard measurements. Differentiation between vertical and horizontal malocclusion. *J Orofac Orthop* 1999; 60: 195–204.
12. Celar AG, Freudenthaler W, Pescheck A: Denture Frame Analyse nach Sato - Kephalmetrische Werte einer mitteleuropäischen Population. *Inf Orthod Kieferorthop*. 2001; 34(4):317–28.
13. Chang YI, Moon SC: Cephalometric evaluation of the anterior open bite treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115: 29–38.

14. Chang Y-I, Shin S-J, Baek S-H: Three-dimensional finite element analysis in distal en masse movement of the maxillary dentition with the multiloop edgewise archwire. *Eur J Orthod* 2004; 26: 339–45.
15. Chun KM ND: Mechanical analysis on the multiloop edgewise archwise arch wire. *Korean J Orthod.* 1991; 21(1):31-47.
16. Dr. Nelson J. Oppermann: Handout des Seminars mit dem Thema:"GUMMETAL alloy on your daily practice. Controlling the vertical dimension since the first arch." 2019: Orthocaps Center Hamm
17. Endo T, Kojima K, Kobayashi Y, Shimooka S: Cephalometric evaluation of anterior open-bite non-extraction treatment, using multiloop edgewise archwire therapy. *Odontology* 2006; 94: 51–58.
18. Freudenthaler JW, Celar AG, Schneider B: Overbite depth and anteroposterior dysplasia indicators: the relationship between occlusal and skeletal patterns using the receiver operating characteristic (ROC) analysis. *Eur J Orthod* 2000; 22: 75–83.
19. Fushima K, Kitamura Y, Mita H, Sato S, Suzuki Y, Kim YH: Significance of the cant of the posterior occlusal plane in class II division 1 malocclusions. *Eur J Orthod* 1996; 18: 27–40.
20. Han UK, Kim YH: Determination of Class II and Class III skeletal patterns: receiver operating characteristic (ROC) analysis on various cephalometric measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 113: 538-545
21. Howick J., Chalmers I., Glasziou P, Greenhalgh T., Heneghan C., et al.: The 2011 Oxford CEBM levels of evidence (Introductorz document). <https://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>. 2011
22. Jin C, Lin J, Xu B: Research of cranio-occlusal change of skeletal class III malocclusion in permanent dentition treated by the multiloop edgewise arch wire technique. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2004; 22: 216-219
23. Kim JI, Akimoto S, Shinji H, Sato S: Importance of vertical dimension and cant of occlusal plane in craniofacial development. *J. Stomat. Occ. Med.* 2009; 2: 114–21.
24. Kim K-M, Sasaguri K, Akimoto S, Sato S: Mandibular rotation and occlusal development during facial growth. *J. Stomat. Occ. Med.* 2009; 2: 122–30.
25. Kim TW, Little RM: Postretention assessment of deep overbite correction in Class II Division 2 malocclusion. *Angle Orthod* 1999; 69: 175–86.
26. Kim YH: Overbite depth indicator with particular reference to anterior open-bite. *American Journal of Orthodontics* 1974; 65: 586–611.
27. Kim YH: Anterior openbite and its treatment with multiloop edgewise archwire. *Angle Orthod* 1987; 57: 290–321.
28. Kim YH, Caufield Z, Chung WN, Chang YI: Overbite depth indicator, anteroposterior dysplasia indicator, combination factor and extraction index. *Int J MEAW* 1994; 1: 81–104.

29. Kim YH, Han UK, Lim DD, Serrano ML: Stability of anterior openbite correction with multiloop edgewise archwire therapy: A cephalometric follow-up study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 118: 43-54
30. Kim YH, Vietas JJ: Anteroposterior dysplasia indicator: An adjunct to cephalometric differential diagnosis. *American Journal of Orthodontics* 1978; 73: 619-633
31. Kim B-H YW-S: Regional load deflection rate of multiloop edgewise archwire. *Korean J Orthod.* 1999; 6):673–88 <http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO199908823749301.page>.
32. Kim H HU: The versatility and effectiveness of the multiloop edgewise Archwire (MEAW) in treatment of various malocclusions. *World J Orthod.* 2001; 2(3):208–18 http://www.quintpub.com/journals/omi/abstract.php?iss2_id=299&article_id=504&article=1&title=A#.XjFU3mhKhPY
33. Kim JS, Jin KH, Hong SJ.: A statistical study of clinical crown inclination in Korean's naturally occurring optimal occlusion. *Korean J Orthod.*1992; 22:715–32 <https://koreamed.org/article/0123KJOD/1992.22.3.715>.
34. Kojima K, Endo T, Shimooka S: Effects of maxillary second molar extraction on dentofacial morphology before and after anterior open-bite treatment: a cephalometric study. *Odontology* 2009; 97: 43-50
35. Koncz B.: Soft tissue, dental and skeletal factors associated with MEAW therapy and their effect on soft tissue profile and anterior tooth display. *Eastman Institute for Oral Health.* 2012:<http://hdl.handle.net/1802/22624>. Accessed 28 June 2012.
36. Krey K-F DK-H: Class II division 2 adult orthodontic treatment. *Int J Stomatol Occlusion Med.* 2012; 5(4):177–82.
37. Lee JH NDS: Mechanical analysis on the shape-memory arch wire. *Korean J Orthod.* 1994; 24(3):735-58.
38. Lee Y CY: The load deflection rate of multiloop edgewise arch-wire. *J Dent College SNU* 1992; 16:195-218.
39. Liu J, Zou L, Zhao Z et al.: Successful treatment of postpeak stage patients with class II division 1 malocclusion using non-extraction and multiloop edgewise archwire therapy: a report on 16 cases. *Int J Oral Sci* 2009; 1: 207-216
40. Maj G, Lucchese FP: The mandible in class II, division 2. *Angle Orthod* 1982; 52: 288-292
41. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 2009; 6: e1000097
42. Motokawa M, Sasamoto T, Kaku M et al.: Association between root resorption incident to orthodontic treatment and treatment factors. *Eur J Orthod* 2012; 34: 350-356
43. Nation L, Castelli Sanchez FJ, Oppermann N, Galang-Boquiren MT, Viana G, Kusnoto B: Vertical characteristics of posterior teeth in untreated malocclusions. *Journal of the World Federation of Orthodontists* 2019; 8: 57–63.

44. Ngan P, Fields HW: Open bite: a review of etiology and management. *Pediatr Dent* 1997; 19: 91-98
45. Ribeiro GLU, Regis S, Da Cunha TdMA, Sabatoski MA, Guariza-Filho O, Tanaka OM: Multiloop edgewise archwire in the treatment of a patient with an anterior open bite and a long face. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 138: 89-95
46. Rochester: Correction of Open Bite Malocclusions Using Multiloop Edgewise Archwires: A Cephalometric Evaluation. N.Y: Eastman Dental Center 1990: <https://coek.info/pdf-correction-of-open-bite-malocclusions-using-multiloop-edgewise-archwires-a-cephal.html>
47. Sadao Sato, Susumu Akimoto, Atsushi Matsumoto, Akiyoshi Shirasu, Junzo Yoshida: Manual for the clinical application of MEAW technique : MEAW : orthodontic therapy using multiloop edgewise arch-wire. 2001: <https://de.scribd.com/presentation/390971651/Manual-for-the-Clinical-Application-of-MEAW-Technique-SADAO-SATO>.
48. Sassouni V, Nanda S: Analysis of dentofacial vertical proportions. *American Journal of Orthodontics* 1964; 50: 801–23.
49. Sato S: A treatment approach to malocclusions under the consideration of craniofacial dynamics. Meaw Publishing House, Makati, Philippines 2001.
50. Sato S, Akimoto S, Shinji H.: Development and orthodontic treatment of skeletal Class III malocclusion without surgical intervention. *Inf Orthod* 2005: 37:87–99.
51. Segner D, Hasund A: Individualisierte Kephalmetrie. Segner, Hamburg 1998.
52. Soliman NL, El-Batran MM, Tawfik WA: Cephalometric Assessment of Sagittal Relationship Between Maxilla and Mandible among Egyptian Children. *iAust* 2009; 3(2):706–12.
53. Tabancis M, Ratzmann A, Doberschütz P, Krey KF: Multiloop edgewise archwire technique and denture frame analysis: a systematic review. *Head Face Med* 2020; 16: 32
54. Tanaka EM, Sato S: Longitudinal alteration of the occlusal plane and development of different dentoskeletal frames during growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134: 602.e1-11; discussion 602-3.
55. Thilander B, Odman J, Jemt T: Single implants in the upper incisor region and their relationship to the adjacent teeth. An 8-year follow-up study. *Clin Oral Implants Res* 1999; 10: 346-355
56. Voss R ZR: Etiopatogenia y Tratamiento de la Asimetría Mediante Filosofía MEAW–Multiloop Edgewise Archwire. *Rev Chil Ortod Vol XXVI*. 2009: 26: 19–33.
57. Voss Z VZ: Porqué extraer preventivamente los terceros molares. *Int J Odontostomat*. 2008: 2(1):109-18.
58. Yang WS, Kim BH, Kim YH.: study of the regional load deflection rate of multiloop edgewise arch wire. *Angle Orthod*. 2001: 71(2):103–9. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2001\)071<0103:ASOTRL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2001)071<0103:ASOTRL>2.0.CO;2).

59. Yoshimura O MS: A mechanical study on multiloop edgewise archwire (MEAW): A comparison with ideal archwire during combined use of vertical elastics. *Orthod waves: J Jap Orthod Soc.* 1999; 58: 214-2.

10 Anhang

10.1 Publikation

**“Multiloop edgewise archwire technique (MEAW)
and denture frame analysis: a systematic review”**

**Maria Tabancis, Dr. Anja Ratzmann, Dr. Philine Doberschütz,
Professor Dr. Karl-Friedrich Krey**

Head Face Med – Head & Face Medicine

Veröffentlicht am 26.11.2020

<https://doi.org/10.1186/s13005-020-00247-x>

REVIEW

Open Access

Multiloop edgewise archwire technique and denture frame analysis: a systematic review



M. Tabancis^{*}, A. Ratzmann, P. Doberschütz and K. F. Krey

Abstract

Background: The Multiloop Edgewise Archwire (MEAW) appliance is an orthodontic treatment method suitable for the therapy of severe types of malocclusions such as open bites or anterior crossbites. The cephalometric Denture Frame Analysis (DFA) provides a supportive diagnostic tool for patient-specific treatment planning concerning the rearrangement of occlusion within the "denture frame". The objective of this study is to give a comprehensive overview of the national and international scientific literature about MEAW and DFA regarding the general therapeutic effects, advantages and limitations.

Methods and materials: A computerized literature search was performed using four principal medical databases (PubMed/Medline, Google Scholar, Web of Science and Cochrane Central Register of Controlled Trials) and supplemented by manual searching of the references listed in the retrieved articles. The results were screened and assessed following the PRISMA guidelines.

Results: Six hundred seventy-seven full articles were assessed for eligibility. A number of 134 articles went through qualitative analysis and 3 studies were finally involved in comparative synopsis. The findings reveal advantageous characteristics of the MEAW technique such as a high degree of three-dimensional individual tooth control and a comparatively low load deflection rate, causing mostly dentoalveolar changes without significantly influencing the skeletal structures.

Conclusion: Based on current literature, the MEAW technique appears to have several therapeutic benefits and serves as a sufficient alternative treatment method for dentoalveolar compensation, when measures of orthognathic surgery are rejected. Concerning the deficient data basis of available literature and the low level of scientific evidence, further studies are required in order to expand on the knowledge in this subject area. Several aspects like the effectiveness or the long-term stability have to be evaluated more extensively. Moreover, the transferability of the DFA to ethnic groups other than the Asian ethnicity should be examined further.

Keywords: Multiloop edgewise archwire, MEAW, Denture frame analysis, Kim, Sato, Dental compensation

* Correspondence: maritabancis@web.de
Department of Orthodontics and Craniofacial Orthopedics, University
Medicine Greifswald, Greifswald, Germany



© The Author(s). 2020 **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Background

In 1967, Young H. Kim introduced a treatment philosophy based on anthropological considerations regarding the verticalization of the facial skull during the development of the upright walk of *Homo sapiens* [1]. The changes in the inclination of the occlusal plane that have occurred in this evolutionary context can also be observed in the individual development of man [1, 2]. The multiloop edgewise archwire (MEAW) technique was originally designed for the treatment of open bite patients and has rapidly obtained popularity in the treatment of several other malocclusions [3]. Its underlying concept is based on the hypothesis that selective changes in the inclination of the occlusal plane can compensate various types of malocclusions by utilizing the adaptability of the temporomandibular joint [3]. Sadao Sato from Kanawaga Dental College of Japan acquired and publicized the MEAW concept further [4].

The preparation and activation of this appliance is complex, but offers a maximum of flexibility and control to the practitioner. MEAW arches are made of 0.016" × 0.022" steel wire with an ideal arch shape, in which five L-loops are incorporated in each quadrant starting distally of the lateral teeth. Kim originally recommended a bracket slot size of 0.018" for individual torque control [5–8]. The reconstruction of the entire occlusal plane is implemented by influencing the angulation of the posterior teeth by means of tip-back activations of three to five degrees on each tooth [5, 6, 9]. Compensatory forces are exerted through the additional use of intermaxillary elastics [5, 10, 11].

The theory supported by Kim and Sato states that the vertical position and the inclination of the posterior occlusal plane have a direct impact on the anteroposterior position of the mandible and can therefore be associated to particular types of malocclusions [1, 12–17].

A steep posterior occlusal plane is a common finding in skeletal class II cases, while a flat posterior occlusal plane is predominating in class III cases [18, 19]. In order to treat these cases the vertical inclination of the posterior region has to be corrected by flattening or steepening the occlusal plane respectively [12]. These inherent vertical deviations are assumed to be based on an evolutionarily imbalance of the size of the entire alveolar base and the size of all teeth leading to the so-called "molar-crowding" that is enhanced by the collision of erupting third molars and the "squeeze-out" of the adjacent molars [19]. Because of this, the main measures of MEAW therapy are the elimination of the posterior crowding and the uprighting of mesially inclined posterior teeth as well as the reconstruction of the occlusal plane [1, 11, 20], implemented by corresponding activations of the MEAW appliance.

The Denture Frame Analysis (DFA), which was established in 1987, can be used to evaluate the skeletal situation in

order to allow the rearrangement of occlusion within the limits of a given "denture frame" [7, 20, 21]. DFA is based on correlations of cephalometric parameters with the values of overbite and overjet. In contrast to the currently widespread straight-wire systems, which are based on average values, MEAW and DFA therefore offer measures of patient-individualized treatment planning and implementation.

The aim of this study was to systematically evaluate the available scientific literature and all publications about the Multiloop Edgewise Archwire technique and the Denture Frame Analysis concerning the therapeutic effects, general cephalometric changes, advantages, disadvantages and limits of MEAW.

Methods

Search strategy and study selection

A thorough electronic database search using PubMed, Google Scholar, Web of Science and Cochrane Central Register of Controlled Trials was conducted for publications on the Multiloop Edgewise Archwire technique and the Denture Frame Analysis. As there was no correspondence to any MeSH terms, the following single terms were used in free-text search: "MEAW", "multiloop", "multi-loop", "Sato technique", "edgewise", "denture frame", "Kim analysis cephalometrics", "MOAW", "modified offset archwire", "SMOM", "sectional modified offset archwire". For completeness, an additional manual search was carried out. No restrictions regarding date of publication were set.

Open access publications and papers published in journals via license of Greifswald University in the English, German, French, Italian, Portuguese, Spanish and Greek language were included in the review. To ensure that the treatment effects described are based only on the effects of MEAW, studies implementing additional means of skeletal anchorage were excluded from consideration. The time period chosen for the online search strategy was from mid-march to mid-april 2020.

Data extraction was performed by two researchers (MT, KFK). The results have been screened and assessed following the predetermined eligibility criteria and arranged according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines [22].

Data items

Information retrieved from included the type of study, the number of subjects, the gender distribution as well as the following aspects of MEAW therapy:

1. Therapeutic effects
2. Denture Frame Analysis:
 - a) General cephalometric changes
 - b) Cephalometric changes according to study results
3. Advantages

4. Disadvantages
5. Limits

Results

Data selection

Since only single terms were used in search of online databases a high total number of results (2.080.810) was retrieved. In the course of literature search, all found abstracts were examined with regard to their correspondence to the subject. Subsequently, the literature cited in the references was screened for additional significant articles meeting the inclusion criteria. A total of 677 full-texts were assessed for eligibility out of which 543 articles were excluded due to non-fulfilment of the predetermined criteria. Finally, 134 full articles were included in a qualitative synthesis. After a thorough evaluation of all retrieved

publications, 3 studies [7, 20, 23] with common cephalometric values were involved in our study. The detailed arrangement according to PRISMA-guidelines is presented in Fig. 1.

The evidence level of each study was assessed according to the Oxford Centre for Evidence-Based Medicine criteria [24]. According to this, we found 1 randomized controlled trial, 2 non-randomized clinical trials, 2 case-control studies, 12 comparative studies, 17 descriptive studies, 67 case reports, 7 literature review articles, handout material from 8 scientific lectures, 2 articles reflecting expert opinions and 16 articles with background information. All studies had a low evidence level. Based on these publications we collected general information about the principles of the MEAW technique as well as the effects, the limits, the advantages and disadvantages of this technique as presented below.

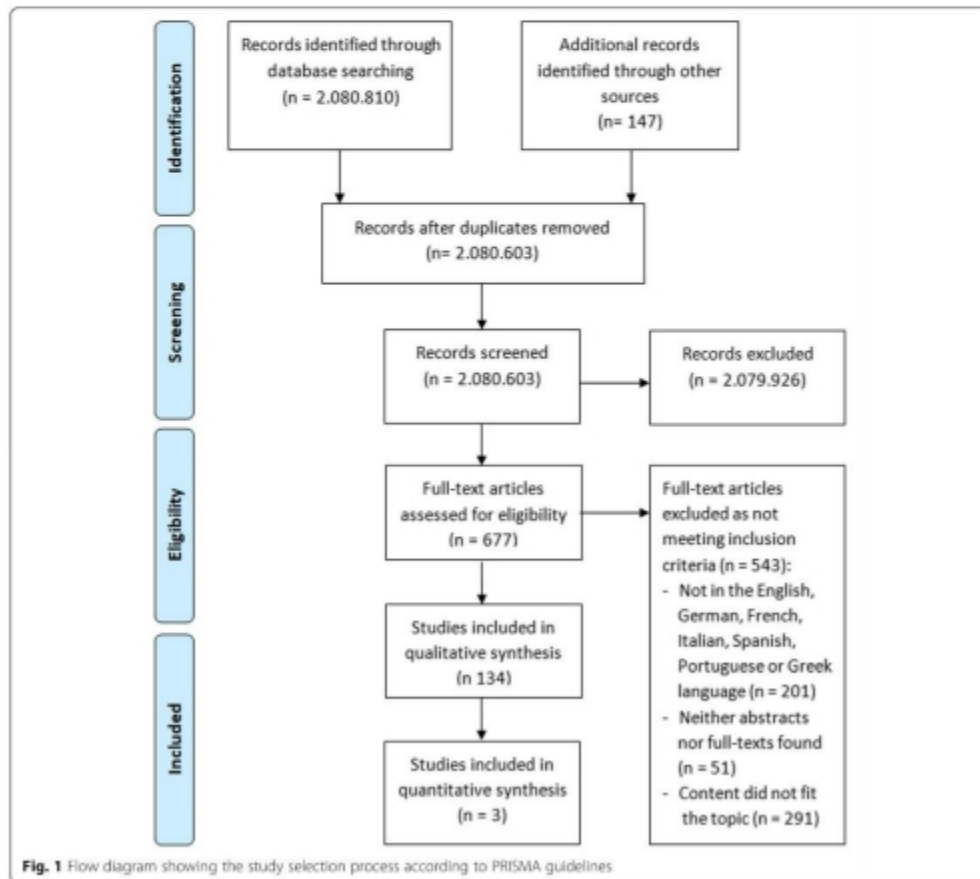


Fig. 1 Flow diagram showing the study selection process according to PRISMA guidelines

General therapeutic effects

The focus of the MEAW technique lies in the control of the occlusal vertical dimension. The main therapeutic changes have been observed to occur in the dentoalveolar region, while only minor skeletal effects have been discovered [11, 15, 25, 26]. In treatments using MEAW a mesiodistal tipping movement causes a lower amount of individual tooth displacement and more uniform distribution of stress compared to treatments with the Ideal Archwire (IA) without loops [6, 14]. In contrast to the posterior teeth, the labiolingual tipping movements in the anterior region is higher with MEAW, but yet lower than with the IA [6].

The anterior vertical elastics act cooperatively with the MEAW appliance and convert the forces resulting from the tipback bends into the desired movements [11]. Thereby, the intrusive forces on the anterior teeth are counteracted through the extrusive dynamics of the vertical elastics, inducing lingual crown tipping and bodily displacement of the anterior teeth [6, 27]. The posterior teeth are subjected to distal uprighting [7, 27, 28]. In class II cases, extrusion of the maxillary premolars and molars causes flattening of the occlusal plane and thereby allows the forward movement of the mandible [29]. In contrast, in class III cases, the extrusion of the upper molars accompanied by the extrusion of the lower premolars and molars results in a steeper occlusal plane, so that the mandible can move backward [3, 7, 30]. Moreover, MEAW was found to be a very effective tool in the en-masse retraction of the mandibular dentition in class III patients [6].

According to Endo et al. [7] the correction of open bite cases is attained through the extrusion and uprighting of the posterior teeth resulting in an upward and forward rotation of the mandible. This is supported by downward vertical forces exerted by intermaxillary elastics causing the mandibular ramus to shift downward. The incisors are extruded, uprighted and can be retruded when indicated. The extrusion of all canines ensures a cuspid-protected occlusion [7].

Yoshimura et al [17] compared the treatment effects of the MEAW technique with those of the IA including the use of vertical elastics. According to their results, the molars, premolars and canines can be successfully uprighted and rotated distally by means of MEAW. With the IA, this effect was found only in the second molars. A very light mesial inclining and distal extrusive force was observed in the first molars, while IA has exerted only extrusive forces on premolars and canines. Both techniques induced extrusion of the lateral incisors, while mesial inclination was also detected when using the IA [17]. These findings underline the unique ability of the MEAW appliance in uprighting mesially inclined teeth due to the special construction of multiple loops.

Denture frame analysis

Cephalometric changes

In addition to the MEAW technique, Sato introduced the DFA [30, 31], a special cephalometric analysis. The main idea of his philosophy is to rearrange the malpositioned teeth within the individual skeletal frame of each patient [32]. This triangular frame is built by the A-B plane, the palatal plane and the mandibular plane [30, 33]. One of the primary goals is the determination of vertical and horizontal growth patterns in relation to the occlusal plane [30].

There are three characteristic values: Overbite Depth Indicator (ODI), Anteroposterior Dysplasia Index (APDI) and Combination Factor (CF). The ODI is used to characterize the vertical growth pattern by assessing the inclination of the maxillary and the mandibular base and by expressing their relationship in the horizontal dimension [31, 32, 34, 35]. The APDI determines the sagittal jaw base relationship [15, 30, 34, 36–38] and is defined as arithmetic sum of three angles: the Frankfurt horizontal plane to the face plane, the AB plane to the face plane and the Frankfurt horizontal plane to the palatal plane [37, 38]. The CF is obtained by the sum of ODI and APDI combining vertical and horizontal values and it represents a useful tool in the extraction or non-extraction decision [29, 39].

In the scientific literature, only a few publications [7, 11, 14, 15, 20, 23, 40, 41] were found that reproduce the therapeutic effects of the MEAW appliance by means of initial and final cephalometric records and the DFA. The differences have been mainly detected in the dentoalveolar region, while the skeletal measurements have remained almost unchanged [11, 20]. The study results by Chang and Moon [20] only recorded an increase of ODI, which was due to changes of the AB-plane and the mandibular position. Significant changes in the position of the upper and lower second molars in relation to the pterygomaxillary fissure demonstrate the successful distal movement of the whole dentition. Regarding this, the literature shows that the implement of distal uprighting as well as intrusion or extrusion of the posterior teeth is feasible with the MEAW appliance [20]. In addition, the distal tipping movement of upper and lower premolars with MEAW was found to be more significant than in the molars [20]. This tipping movement in turn helps in the overjet correction by gaining space for retraction of anterior teeth [14]. Moreover, the cephalometric changes of the OP-MP angle indicate the effective modifications made to the inclination of the occlusal plane by controlling the vertical dimension with MEAW, which is one of the main aims of this treatment modality [15, 20]. These results are contrary to the findings of Liu et al., who did not identify significant changes of the occlusal

plane level [41]. These discrepancies in study results emphasize the need of further investigations with representative numbers of subjects in order to be able to obtain clear statements.

Endo et al. [7] confirm the findings by Chang and Moon: The dentoalveolar values have shown a successful increase in overbite and also in the interincisal angle suggesting the extrusion and retroclination of upper and lower anteriors. This in turn has affected soft tissues leading to the lower lip retraction with increased anterior tooth display. In the maxillary and mandibular dentition the canines, the premolars and the molars have been successfully uprighted and retruded [7]. Additionally, the upper second molars have been noticeably extruded in order to flatten the posterior occlusal plane. The successful uprighting of mesially inclined posterior teeth has also been reported in further studies [11, 23].

Regarding skeletal changes, the point B and pogonion have moved towards the y-axis as a result of open bite correction. Moreover, the ramus inclination was found to have increased by 1.4° [7]. Except of the altered RL-SN angle, no other significant skeletal changes have been detected during the MEAW treatment [7]. The downward and forward rotation of the mandible was no result of growth change, but it has been induced by the control of inclination of the occlusal plane. These assessments coincide with the results of two further studies by Koncz et al. and by Kim et al., where no significant changes have been discovered in any of the skeletal values [11, 23]. Krey and Dannhauer have also found no changes in the basic skeletal pattern of class II [40]. This implies that the rearrangement of the dentition with the MEAW takes place within the given framework.

Contradictory statements are found regarding changes in the vertical dimension. The study by Kim et al. showed an increase in anterior and posterior lower facial height as well as the anterior total facial height [23]. Endo et al. found no alterations in the separate facial heights but only in the total posterior facial height [7], while Krey and Dannhauer did not detect any vertical differences [40].

Comparative evaluation of cephalometric changes

After a detailed evaluation of all available publications, we identified three studies [7, 20, 23] assessing the same cephalometric values. Kim and Sato emphasized the fundamental role of interincisal relationship in ensuring stability of treatment results. Therefore, our analysis focused on the treatment-related changes of overbite and overjet before and after MEAW treatment (Figs. 2 and 3). Moreover, the studies were evaluated for design, subject information and level of evidence in accordance with the guidelines of Oxford Centre for Evidence-Based Medicine [24] and are listed below in tabular form (Tab. 1).

The study by Kim et al. examined 29 growing Eurasian subjects (21 females, 8 males) and 26 non-growing Eurasian subjects (21 females, 5 males) who presented with anterior open bite [23]. At the start of treatment, the mean age of the growing group was 13 years 5 months (range 10–16 years of age), while the average age in the non-growing group was 26 years 1 month (range 17–37 years of age). In the growing group, pretreatment records showed a mean overbite of -2.27 mm with a standard deviation (SD) of ±2.10 mm and a mean overjet of 5.09 mm (SD ±2.45 mm). After MEAW treatment, a mean overbite of 1.58 mm (SD ±0.81 mm) and a mean overjet of 2.03 mm (SD ±0.69 mm) were documented.

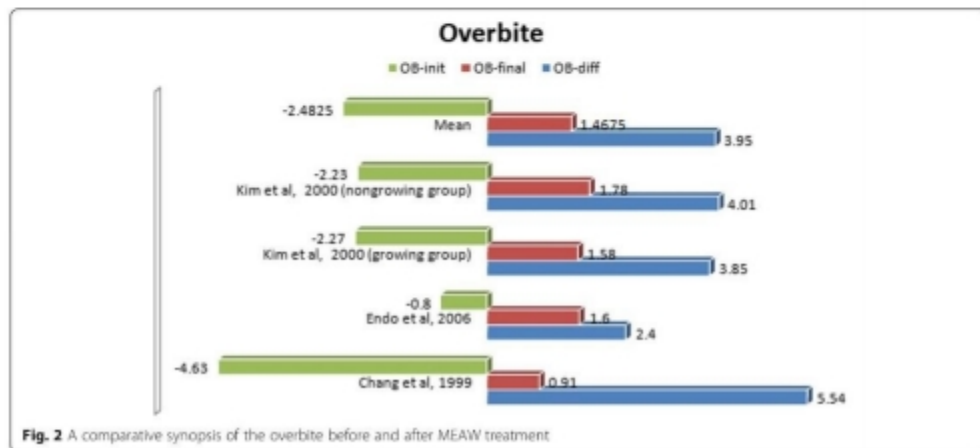


Fig. 2 A comparative synopsis of the overbite before and after MEAW treatment

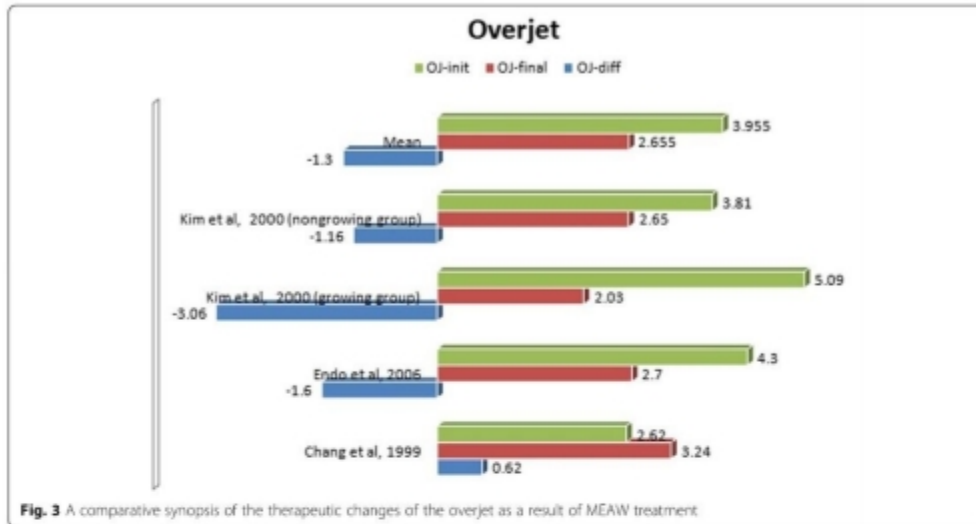


Fig. 3 A comparative synopsis of the therapeutic changes of the overjet as a result of MEAW treatment

All in all, the overbite improved by 3.31 mm and the overjet by 3.06 mm. In the non-growing group, the pre-treatment records showed a mean overbite of -2.23 mm (SD ±2.10 mm) and a mean overjet of 3.81 mm (SD ± 2.58 mm). The posttreatment records exposed a mean overbite of 1.78 mm (SD ±0.84 mm) and a mean overjet of 2.65 mm (SD ±0.60 mm). Overall, the overbite was optimized by 3.55 mm and the overjet by 1.16 mm. The results of both groups reflect the efficiency of the MEAW technique in correcting open bite situation as well as enlarged overjet.

Endo et al. also performed orthodontic correction on 21 Japanese subjects with anterior open bite using the MEAW technique [7]. The subjects were all female and had a mean pre-treatment age of 16 years 9 months. The final cephalometric records demonstrated an improvement of overbite and overjet by 0.8 mm and 1.6 mm respectively.

In the investigation conducted by Chang and Moon, 16 South Korean patients with open bite and MEAW treatment were examined in direct comparison with 58 controls [20]. The initial mean age of the 12 female and 4 male

patients was 18 years 1 month. After MEAW therapy, a significant improvement of the initial negative overbite of 5.54 mm was recorded. The average overjet changed by 0.62 mm.

The results of these three studies indicate that the MEAW appliance has a direct therapeutic impact on the overbite and overjet. The necessary space for these sagittal and vertical corrections was obtained by uprighting the mesially inclined posterior teeth. Fifteen degrees of molar uprighting gains as much space as 4.5 mm of distalization [39]. Overall, the literature states that the MEAW technique mainly affects dental changes, while the skeletal components remain largely unchanged. This reinforces the idea of MEAW being more of a camouflage treatment method.

Advantages

According to several investigations, the movement of teeth with MEAW is more uniform with a fairly balanced stress distribution through the entire dentition [6, 14, 27]. The increased wire length and the multiple loops induce a high grade of flexibility and reduce the

Table 1 Overview of the relevant articles

Authors	Study design	Evidence level	N	Mean age in years	Item
Kim et al. (2000) [23]	Follow-up Study	3	29	13.5	Overbite and overjet before and after MEAW-treatment
			26	26.1	
Endo et al. (2006) [7]	Follow-up Study	3	21	16.9	
Chang et al. (1999) [20]	Case-Control Study	4	16	18.1	

load deflection rate (LDR) down to 1/10 of the LDR found in the IA, thus providing gentle but continual orthodontic forces for biologically advantageous tooth movement [5, 17, 19, 27, 42–44]. Due to the wire length of the horizontal loops increasing from anterior to posterior, the LDR values are high in the anterior segment and low in the posterior segments [6, 42]. The average length of the wire from the distal end of the lateral incisor bracket to the second molar tube amounts 43 mm for a flat NiTi wire and 120 mm for the MEAW [42]. The loops act as stress breakers and exert the optimal amount of force for physiologic orthodontic tooth movements [29, 42, 44]. In addition, the single wire segments enable the individual tooth movement with three-dimensional control through the vertical and horizontal components of the loops [6, 9, 11, 16, 17]. Compared with other materials, the LDR of the MEAW is stiffer than a TMA wire and twice as stiff as a NiTi wire. Yet due to its special construction, the LDR varies from region to region and thus provides unique mechanical properties [42, 43]. Measured in the interbracket region, the loops of the MEAW have a lower LDR than TMA and NiTi wires, which corresponds to Kim's estimate [27, 43]. This can be traced back to the fact that the horizontal component of the L-loops affects the vertical elastic deflection and consequently reduces the stiffness.

Concerning Class III cases, the MEAW technique appears to have therapeutic advantages making the en-masse movement of the mandibular dentition easier [44, 45]. Concerning this, only minimal amount of vertical displacement of the posterior teeth has been detected with the MEAW during en-masse retraction, which underlines the fact that side effects like extrusive vertical tooth displacement of the anterior teeth are minimized and thus a higher degree of stability is guaranteed than with the application of the IA [14]. These findings agree with the study results received by Chang et al. [6].

Following detailed diagnostic analysis, the distal uprighting of posterior teeth can provide enough space to facilitate a treatment without premolar extractions [7]. Moreover, the simultaneous movement of all teeth significantly reduces the overall treatment duration [5, 15, 17, 20, 46] and it serves as an effective alternative treatment method of severe malocclusions avoiding measures of orthognathic surgery [10, 40, 47].

Disadvantages

For effective orthodontic treatment with the MEAW technique, the orthodontist needs to have a good knowledge of this method as well as good bending skills. The implementation of the large number of bends requires precise execution in order to achieve the planned dental movements and to avoid side effects [14, 27, 39]. No

patient complaints were referred regarding the use of the MEAW appliance. On the contrary, positive feedback was given concerning less toothache and a more comfortable feeling [17]. However, it can be assumed that the measures of hygiene are more complicated and time-consuming due to the large number of loops.

As with numerous other orthodontic treatment devices, the patient's compliance is essential. Vertical elastics have to be worn permanently in order to achieve the desired results e.g. the extrusion of the anterior teeth, otherwise unwanted intrusion side effects can be caused instead due to the tipback bends [11].

Limits

While comparing the MEAW method with the straight wire technique some limiting factors occur. The main treatment changes were evident in the dentoalveolar region and only a few minor skeletal changes have been detected [7, 11, 15, 20, 23, 26, 48]. This underlines the consideration that the MEAW technique is merely a compensatory treatment method as it has no significant impact on the skeletal structure. The induced changes are comparable with natural dentoalveolar compensation [20].

Although the MEAW appliance itself does not represent a risk factor, when used in combination with elastics for a prolonged period of time, the risk of root resorption is increased. If the application period exceeds 6 months, the incidence of root resorptions is the most severe [49]. Long-term "jiggling" may enhance root resorption especially on the anterior teeth, but this hypothesis needs to be scientifically investigated more thoroughly.

Another significant aspect concerns long-term stability. Regarding this aspect, only a few studies could be found in the international scientific literature. MEAW treatment has been proven to achieve successful and stable results in open bite malocclusion [7, 20, 23, 50]. Rochester et al. followed up on patients after the completion of the MEAW treatment in order to assess stability. Most changes presented a tendency to relapse right after the treatment, but remained significantly stable after 2 years [26].

Finally, as already mentioned, there is an elementary need for high patient compliance in order to obtain the accurate implementation of the MEAW technique and to avoid undesired side effects [11].

Discussion

The MEAW technique possesses several mechanical properties that facilitate the correction of various types of malocclusion. It offers the possibility of individual tooth control by the application of gentle and uniform forces. Challenging cases like open bite situations or skeletal class III malocclusions with low to moderate

severity can be effectively treated with this method [7, 23, 26, 51].

In contrast to the continual trend towards technological development, the manufacture of the MEAW appliance is more attractive as extensive computer-aided planning and complex additional elements can be dispensed.

Nevertheless, the findings state that the MEAW therapy has only a minimal impact on the basic skeletal patterns. *Chang et al* have observed that the cephalometric values of the MEAW patient group are very close to those of the control group suggesting that the changes induced by the MEAW appliance are comparable to the natural dentoalveolar compensatory mechanism [20].

Due to treatment-related changes predominantly occurring in the dentoalveolar region, MEAW serves as a camouflage treatment method [14, 15]. Extensive skeletal deficiencies cannot be eliminated, but it provides a minimally invasive method of dentoalveolar compensation [14, 23, 52] in cases where orthognathic surgery is rejected [15, 25, 53, 54]. Moreover, premolar extractions can be avoided by uprighting mesially inclined posterior teeth for space obtainment.

Conclusion

The MEAW technique appears to have significant therapeutic advantages and functions as a compensatory treatment modality in several types of malocclusions.

However, MEAW is not widely used beyond the Asian region and the DFA is based on skeletal patterns of the Asian population. Thus, further scientific investigations are needed in order to examine the transferability of the DFA to other ethnic groups more profoundly.

Concerning the deficient data basis of available literature and the weak scientific evidence, further studies are needed in order to take a closer look at aspects such as the potential effects on the periodontal tissue or the long-term stability.

Abbreviations

MEAW: Multiloop Edgewise Archwire; MOAW: Multiloop Offset Archwire; SMOM: Sectional Modified Offset Archwire; DFA: Denture Frame Analysis; IA: Ideal Archwire; LDR: Load Deflection Rate; ODI: Overbite Depth Indicator; APDI: Anteroposterior Dysplasia Index; CF: Combination Factor; OP-MP: Occusal Plane to Mandibular Plane

Acknowledgements

Not applicable.

Authors' contributions

MT contributed to data acquisition, analysis and interpretation of the results as well as writing of the manuscript. AR and PD contributed to reviewing and editing of the manuscript. KFK contributed to supervision, data acquisition, analysis, interpretation and visualization of the study results. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

The study was not funded.

Availability of data and materials

The datasets used and/or analysed during the study are available from the corresponding author on request.

Ethics approval and consent to participate

Not applicable.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Received: 30 January 2020 Accepted: 18 November 2020

Published online: 26 November 2020

References

- Kim J, Akimoto S, Shiriji H, Sato S. Importance of vertical dimension and cant of occlusal plane in craniofacial development. *Int J Stomatol Occlusion Med*. 2009;2(3):114.
- Kim K-M, Sasaguri K, Akimoto S, Sato S. Mandibular rotation and occlusal development during facial growth. *Int J Stomatol Occlusion Med*. 2009;2(3):122.
- Sato S. A treatment approach to malocclusions under the consideration of craniofacial dynamics. Makati, Philippines: Meaw Publishing House; 2001. <https://ucal.tu.edu.sg/pu/9279061>.
- Voss R, Zuzola RV. Etiopatogenia y Tratamiento de la Asimetría Mediante Filosofía MEAW—Multiloop Edgewise Archwire. *Rev Chil Ortod Vol XXVI*. 2009;26:19–33 <https://esdocs.com/doc/1699740/etiopatogenia-y-tratamiento-de-la-asimetr%C3%ADa-mediante-ilo>.
- Calvo Piña Carranco DF. Uso del multiloop en alambre tma 0.016 y acero 0.016 en la corrección de las rupturas de contacto en la zona anterior en pacientes tratados en la clínica de ortodoncia de la escuela de postgrado "Dr. José Apolo Pineda" de la Facultad Piloto de Odontología Universidad de Guayaquil periodo 2012-2015: Editorial de Ciencias Odontológicas Universidad de Guayaquil; 2017. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17181>.
- Chang YI, Shin SJ, Baik SH. Three dimensional finite element analysis in distal en masse movement of the maxillary dentition with the multiloop edgewise archwire. *Eur J Orthod*. 2004;26(3):339–45.
- Endo T, Kajima K, Kobayashi Y, Shimooka S. Cephalometric evaluation of anterior open-bite nonextraction treatment, using multiloop edgewise archwire therapy. *Odontology*. 2006;94(1):51–8.
- Voss Z, VOSS Z. Porqué extraer preventivamente los terceros molares. *Int J Odontostomat*. 2008;2(1):109–18 <http://www.jodontoestomatology.com/wp-content/uploads/2018/04/Parque.pdf>.
- Kim H. Anterior Openbite and its treatment with multiloop edgewise Archwire. *Angle Orthod*. 1987;57(4):290–321.
- Voss R. Arco de Canto Multianas: ¿por qué Multiloop?. Aspectos clínicos y biomecánica / Multiloop Edgewise Archwire: MEAW. *Soc Ar Ortod*. 2006;7(1):70–80 <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/11-497097>.
- Kancz B. Soft tissue, dental and skeletal factors associated with MEAW therapy and their effect on soft tissue profile and anterior tooth display. *Eastman Institute for Oral Health*. 2012. <http://hdl.handle.net/1802/22624>. Accessed 28 June 2012.
- Fushima K, Kitamura Y, Miya H, Sato S, Suzuki Y, Kim YH, et al. Significance of the cant of the posterior occlusal plane in Class II division I malocclusions. *Eur J Orthod*. 1996;18(1):27–40.
- National L, Sanchez FJC, Oppermann N, Galang-Boquind MT, Wena G, Kusnoto B. Vertical characteristics of posterior teeth in untreated malocclusions. *J World Fed Orthod*. 2019;8(2):57–63.
- Baik SH, Shin SJ, Ahn SI, Chang YI. Initial effect of multiloop edgewise archwire on the mandibular dentition in Class II malocclusion subjects. A three-dimensional finite element study. *Eur J Orthod*. 2006;30(1):10–5.
- Bernal AAG, Pantoja DLC, Ramírez DMC, Lemus JAP, Ríos SMM, González-Bernal MA. Cambios esqueléticos, dentales y faciales de la maloclusión clase II esquelética tratada con la filosofía de MEAW (Multiloop Edgewise Arch Wire): descriptivo retrospectivo. *Acta Odontol Colomb*. 2013;3(2):65–78 <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actaodontocoll/article/view/41901>.
- Kim T-W, Little RM. Postretention assessment of deep overbite correction in Class II division 2 malocclusion. *Angle Orthod*. 1999;69(2):175–86. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1999\)069<0175:PAODOC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1999)069<0175:PAODOC>2.3.CO;2).

17. Yoshimura O, Matsui S. A mechanical study on multiloop edgewise archwire (MEAW): A comparison with ideal archwire during combined use of vertical elastics. *Orthod waves: J Jap Orthod Soc.* 1999;58(3):214–2. <https://doi.org/10.1004/18109/en>.
18. Sato S, Tanaka EM. Longitudinal alteration of the occlusal plane and development of different dentoskeletal frames during growth. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008;134(5):602–3. <https://doi.org/10.1016/j.jado.2008.02.017>.
19. Beltrão IIP. Class II high angle malocclusion treated with orthodontic camouflage (MEAW Therapy). In: Bourzgui F, editor. *Issues in Contemporary Orthodontics*. Rijeka, Croatia: InTech; 2015. p. 443–64. <https://doi.org/10.5772/59511>.
20. Chang YI, Moon SC. Cephalometric evaluation of the anterior open bite treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1999;115(1):29–38.
21. Celar AG, Freudenthaler W, Pescheck A. Denture Frame Analyse nach Sato - Cephalometrische Werte einer mitteleuropäischen Population. *Inf Orthod Kieferorthop.* 2001;34(4):317–28.
22. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, DG A. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: the PRISMA Statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097.
23. Kim Y, Han U, Lim D, Sertan M. Stability of anterior openbite correction with multiloop edgewise archwire therapy: a cephalometric follow-up study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2000;118(1):43–54.
24. Howick J, Chalmers L, Glasziou P, Greenhalgh T, Heneghan C, et al. 'The 2011 Oxford CEBM levels of evidence (Introducción document)'. 2011. <https://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>.
25. Beane RA Jr. Nonsurgical management of the anterior open bite: a review of the options. *Semin Orthod.* 1999;5(4):275–83.
26. Rochester. Correction of Open Bite Malocclusions Using Multiloop Edgewise Archwires: A Cephalometric Evaluation. NY: Eastman Dental Center; 1990. <https://iudoc.com/pdf/correction-of-open-bite-malocclusions-using-multiloop-edgewise-archwires-a-cephal.html>.
27. Chun KM, Nahm DS. Mechanical analysis on the multiloop edgewise archwire arch wire. *Korean J Orthod.* 1991;21(1):31–47.
28. Lee JH, Nahm DS. Mechanical analysis on the shape-memory arch wire. *Korean J Orthod.* 1994;24(3):735–58.
29. Beltrão P. Treatment of Class II deep overbite with multiloop edgewise archwire (MEAW) therapy. In: Naetto S, editor. *Principles in contemporary orthodontics*. Rijeka, Croatia: InTech; 2011. p. 55–78. <https://doi.org/10.5772/23890>.
30. Celar AG, Freudenthaler JW, Celar RA, Jonke E, Schneider B. The denture frame analysis: an additional diagnostic tool. *Eur J Orthod.* 1998;20(5):579–87.
31. Kim Y. Overbite depth Indicator: with particular reference to anterior openbite. *Am J Orthod.* 1974;65:586–611.
32. Bock JJ, Fuhrmann RA. Evaluation of vertical parameters in cephalometry. *J Orofac Orthop.* 2007;68(3):210–22.
33. Celar A, Freudenthaler J, Schneider B. Cephalometric differentiation between vertical and horizontal malocclusions in 122 Europeans using the denture frame analysis and standard measurements. Differentiation between vertical and horizontal malocclusion. *J Orofac Orthop.* 1999;60(3):195–204.
34. Freudenthaler JW, Celar AG, Schneider B. Overbite depth and anteroposterior dysplasia indicators: the relationship between occlusal and skeletal patterns using the receiver operating characteristic (ROC) analysis. *Eur J Orthod.* 2000;22(1):75–83.
35. Kim Y. Overbite depth Indicator, Anteroposterior dysplasia Indicator, Combination factor and extraction index. *Int J MEAW.* 1994;1:85–104.
36. Kim Y, Han U. Determination of Class II and Class III skeletal patterns: receiver operating characteristic (ROC) analysis on various cephalometric measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998;113(5):538–45.
37. Kim Y, Vetas J. Anteroposterior dysplasia indicator: an adjunct to cephalometric differential diagnosis. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1978;73(6):619–33.
38. Soliman NL, El-Baran MM, Tawfik WA. Cephalometric Assessment of Sagittal Relationship Between Maxilla and Mandible among Egyptian Children. *Aust J Basic and Appl Sci.* 2009;3(2):706–12. <https://www.researchgate.net/publication/228621621>.
39. Kim H, Han UK. The versatility and effectiveness of the multiloop edgewise Archwire (MEAW) in treatment of various malocclusions. *World J Orthod.* 2001;2(3):208–18. http://www.wjgnet.com/journals/omj/abstract.php?iss2_id=299&article_id=504&article=1&title=A4%20XFU3mhk0PY.
40. Key K-F, Dannhauer K-H. Class II division 2 adult orthodontic treatment. *Int J Stomatol Occlusion Med.* 2012;5(4):177–82.
41. Liu J, Zou L, Zhao ZH, Welburn N, Yang P, Tang T, et al. Successful treatment of postpeak stage patients with class II division 1 malocclusion using non-extraction and multiloop edgewise archwire therapy: a report on 16 cases. *Int J Oral Sci.* 2009;11(4):207–16.
42. Kim B-H, Yang W-S. Regional load deflection rate of multiloop edgewise archwire. *Korean J Orthod.* 1999;29(6):673–88. <http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO199908823749301.page>.
43. Lee Y, Chang Y. The load deflection rate of multiloop edgewise arch-wire. *J Dent College SNU.* 1992;16:195–218.
44. Yang WS, Kim BH, Kim YH. A study of the regional load deflection rate of multiloop edgewise arch wire. *Angle Orthod.* 2001;71(2):103–9. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2001\)071<0103:ASOTRL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2001)071<0103:ASOTRL>2.0.CO;2).
45. Jin CW, LJK, Xu B H. research of cranio-occlusal change of skeletal Class II malocclusion in permanent dentition treated by the multiloop edgewise arch wire technique. *West China J Stomatol.* 2004;22:216–9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15293468>.
46. Kim JS, Jin KH, Hong SJ. A statistical study of clinical crown inclination in Korean's naturally occurring optimal occlusion. *Korean J Orthod.* 1992;22:715–32. <https://koreamed.org/article/0123KJOO1992.22.3.715>.
47. Ribeiro GL, Regis S Jr, da Cunha TM, Sabatinski MA, Guarizi-Filho O, Tanaka OM. Multiloop edgewise archwire in the treatment of a patient with an anterior open bite and a long face. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;138(1):89–95.
48. Maj G, Lucchese FP. The mandible in class II, division 2. *Angle Orthod.* 1982;52:288–92. <https://www.angle.org/doi/pdf/10.1043/0003-3219X19821962929057%3C0288%3ATMCI0D7%3E7.0.CO%3B2>.
49. Motokawa M, Sasamoto T, Kaku M, Kawata T, Matsuda Y, Terao A, et al. Association between root resorption incident to orthodontic treatment and treatment factors. *Eur J Orthod.* 2012;34(3):350–6.
50. Kojima K, Endo T, Shimoaka S. Effects of maxillary second molar extraction on dentofacial morphology before and after anterior open-bite treatment: a cephalometric study. *Odontology.* 2009;97(1):43–50.
51. Sato S, Akimoto S, Shinji H. Development and orthodontic treatment of skeletal Class II malocclusion without surgical intervention. *Inf Orthod Kieferorthop.* 2005;37:87–99.
52. López Buñago DF, Herrera GS. Orthodontic treatment with the MEAW technique following high condylectomy for the treatment of condylar hyperplasia: case series. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2018;29(2). <https://doi.org/10.17533/udae.rfo.v29n2a11>.
53. Beltrão P. Non-surgical treatment of class III with multiloop edgewise archwire (MEAW) therapy. In: Virdi MS, editor. *Emerging trends in Oral health sciences and dentistry*. Rijeka, Croatia: InTech; 2015. <https://doi.org/10.5772/59257>.
54. Sato S. Case report: developmental characterization of skeletal Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 1994;64(2):105–11. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1994\)064<0105:CRDCDS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1994)064<0105:CRDCDS>2.0.CO;2).

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



10.2 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den nachstehenden Personen bedanken:

Zuallererst bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Karl-Friedrich Krey, meinem Doktorvater, für die Betreuung dieser Arbeit und für das in mich gesetzte Vertrauen. Vielen Dank für die stets freundliche Hilfe und die Gespräche auf fachlicher und persönlicher Ebene, welche mir immer als bereichernder und konstruktiver Austausch in Erinnerung bleiben.

Mein außerordentlicher Dank gilt auch Frau Dr. Anja Ratzmann für die ausgezeichnete Unterstützung. Für die vielen wertvollen Impulse bin ich sehr dankbar.

Meiner geschätzten Kollegin und Freundin, Frau Dr. Philine Doberschütz, danke ich sehr für die kompetente und engagierte Hilfe während meines Dissertationsprojektes.

Ferner möchte ich Frau Silke Ziemer für ihre ausgiebige Hilfsbereitschaft bei der Überwindung diverser bürokratischer Hindernisse und für die stets angenehme und fröhliche Arbeitsatmosphäre danken.

Ebenso sei all denen ein Dank ausgesprochen, die keine namentliche Erwähnung fanden, aber zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein voller und herauszustellender Dank gebührt der besten „kleinen“ Schwester Niki für die unermüdliche Motivation und die unglaubliche Unterstützung.

Ich möchte meinen lieben Eltern meinen innigsten Dank dafür aussprechen, dass sie all die Zeit ihres Lebens in mich und meine Schwester investiert haben, stets mit Liebe und Geduld an meiner Seite sind und mich motivieren meine Träume zu verfolgen. Danke an meine Mutter für jeden grauen Tag, den sie für mich zum Leuchten bringt! Danke an meinen Vater für all die motivierenden Gespräche und die weisen Ratschläge – am Tag und tief in der Nacht.

Tief verbunden und dankbar bin ich meinem Partner Kosta für die vielen lieben Worte und den emotionalen Rückhalt während der Erarbeitung meiner Dissertation.